A.

<36623731800016

S

<36623731800016

Bayer. Staatsbibliothek

Jx. 6027

Mathesis. Statica et Mechan.
A87.
Math. a 29.

R

Johann Lorenz Böckmanns
Prof. der Naturl. und Math.

Erste Gründe der Mechanik.

Mit Hochfürstl. Marggräflich Baden-Durlachischen gnädigstem Privilegio.

Mit 4. Kupfertafeln.

Carlsruhe,
Gedruckt mit Lotterischen Schriften und in dessen Verlag zu haben bey dem Factor J. F. C. Stern.
1769.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

PRIVILEGIVM.

Wir Carl Friderich von GOttes Gnaden, Marggraf zu Baaden und Hochberg, Landgraf zu Sausenberg, Graf zu Sponheim und Eberstein, Herr zu Rötteln, Badenweiler, Lahr und Mahlberg ꝛc. ꝛc. Thun hiermit kund: Demnach Uns der unterthänigste Vortrag geschehen, wie die Lotterische Officin dahier ein von dem Professor Böckmann entworfenes und zum Unterricht Unserer Unterthanen vornemlich bestimmtes Werk unter dem Titel: Erste Gründe der Mechanik, zu drucken und zu verlegen übernommen habe: Wobey an Uns der demüthigst bittliche Gesuch der Lotterischen Ehefrau, als Innhaberin erwähnter Officin, gelanget ist, daß Wir zu ihrer mehreren Sicherstellung wegen des innländischen Debits ihr ein Privilegium impressorium über dieses Verlags-Buch gnädigst zu ertheilen geruhen möchten. Wenn Wir nun solche der Supplicantin geziemende Bitte mildest erwogen, auch keinen Anstand gefunden haben derselben hierinn gnädigst zu willfahren; Als geben Wir derselben hiermit und in Kraft dieses öffentlichen Briefs die Freyheit, obgemeldete Erste Gründe der Mechanik in offenem Druck aufzulegen, in denen von Uns bestimmten Preisen hin und wieder auszugeben, feil zu haben und verkauffen zu lassen: Gebieten auch allen Unsern Unterthanen, insonderheit den in Unseren Landen befindlichen Buchdruckern, Buchführern, Buchbindern und Buchhändlern bey Vermeidung einer nach Unserem gnädigsten

digsten Ermessen zu bestimmenden Pön ernstlich und wollen, daß sich deren keiner ohne ihr der Supplicantin Wissen, Willen und Consens unterfangen soll, obgedachte Erste Gründe der Mechanik nachzudrucken, feil zu haben, umzutragen, zu verkaufen oder durch andere solches bewerkstelligen zu lassen. Gestalten es Unsere gnädigste Willens-Meinung ist, daß sie die Lotterische Ehefrau bey diesem Privilegio auf alle Weise und Wege behörig geschützt und gehandhabet werde. Gegeben Carlsruhe, den 20sten Hornung, 1769.

Carl Friderich

Marggraf zu Baden.

(L. S.)

von Hahn. **Bürcklin.**

Ad Mandatum Serenissimi
Domini Marchionis proprium.

T. Molter.

Dem

Durchlauchtigsten Fürsten und Herrn

HERRN

Carl Ludwig

Erbprinzen zu Baaden und Hochberg, Landgrafen zu Sausenberg, Grafen zu Sponheim und Eberstein, Herr zu Röteln, Badenweiler Lahr und Mahlberg 2c. 2c.

Meinem gnädigsten Fürsten und Herrn.

Dem

Durchlauchtigsten Fürsten und Herrn

HERRN

Carl Ludwig

Erbprinzen zu Baaden und Hoch-
berg, Landgrafen zu Sausenberg, Gra-
fen zu Sponheim und Eberstein, Herrn
zu Röteln, Badenweiler Lahr und
Mahlberg rc. rc.

Meinem gnädigsten Fürsten
und Herrn.

Durchlauchtigster Erbprinz!

Gnädigster Fürst und Herr!

Dieses kleine Geschenk, welches Eurer Hochfürstlichen Durchlaucht in tiefer Unterthänigkeit und aus den reinsten Absichten von mir hierdurch überreichet wird, erhält nur dadurch vielleicht einigen Werth, daß es zum Nutzen Höchstderoselben zukünftigen Unterthanen von mir aufgesetzet worden ist, und

zugleich Höchstdenselben ein geringes Merkmal meiner vollkommsten und ehrfurchtvollsten Liebe darleget.

Wie schmeichelhaft wäre das Glück für mich, wenn die huldreichen Augen meines Durchlauchtigsten Prinzen durch gnädige Blicke eine Verzeihung meines kühnen Unternehmens mir zulächelten und sogar dieses kleine Werkchen Höchstderoselben mächtigen Beschützung sich zu erfreuen hätte!

Die Hand der Vorsicht segne die glorreichen Regenten des erhabenen

Dur=

Durlachischen Hauses. Der Höchste segne insbesondere auch Sie, die Sie die Freude und Wonne Ihrer Durchlauchtigsten Eltern und der Augenmerk und der Stolz Ihres Volks sind. Er segne Sie in der Blüte Ihrer Jahre. Er segne Sie als Greis zum wahren Wohlseyn der Baadischen Länder, zum Glück der Welt.

Beleben Sie, verehrter Prinz! noch fernerhin durch Höchstderoselben unschätzbare Gnade die Bemühungen

Ihres treuesten Dieners, der darinn seinen einzigen Ruhm sucht, durch würkliche Handlungen jederzeit zu bezeugen, daß er der hohen Ehre nicht unwürdig sey, sich nennen zu dürfen

Durchlauchtigster Erbprinz!

Gnädigster Fürst und Herr

Ew. Hochfürstl. Durchlaucht

Carlsruhe,
den 22. Februar, 1769.

unterthänigsten Knecht

Johann Lorenz Böckmann.

Vorrede.

Hier übergebe ich dem Publicum ein Buch, von welchem ich wünsche, daß es nach der Absicht, in welcher es aufgesetzet worden ist, beurtheilet werden möge. Ich habe nicht die Feder ergriffen, um nach der heutigen gelehrten Mode nur etwas schreiben zu wollen. Ich bin ein Feind von den Polygraphen. Ich stehe in einem

Amte dem ich vergnügt die mehrsten Stunden des Tages widme, und die Begierde meine Pflicht gewissenhaft zu erfüllen erlaubt mir wenige Zeit mich selbst aus den Schriften großer Männer zu unterrichten. Die Naturlehre und Mathematik sind weitläuftige Wissenschaften; Wissenschaften, worinnen ohne Aufhören neue und wichtige Entdeckungen können und müssen gemacht werden: Und wer mögte gern ein Fremdling darinn seyn?

Ich liebe außer dem nicht wenig die schönen Wissenschaften, die uns öfters aufheitern können, wenn unsre Seele in schweren Ziffern sich verlohr, oder von den finstern Abgründen der Natur nahe von den Gränzen des alten Chaos ermattet wieder zurück kommt.

Ich läugne es nicht, es stoßen mir öfters bey meiner Lektüre, Gedanken, Zweifel, Schwierigkeiten auf, die nicht selten verdienten erläutert, auseinander gesetzet, entwickelt zu werden. Ich pflege sie auch alsdenn nicht gänzlich wieder entwischen zn lassen, sondern sie etwa zu einer weitern reifern Ueberlegung aufzubewahren. Es fehlt eben so wenig von Zeit zu Zeit an einer neuen Erfahrung, die vielleicht bemerkungswürdig wäre. = = = Sie sey es! Sollte ich denn deswegen so unartig seyn und nach so vieler heutigen Gelehrten Gewohnheit verlangen, daß das Publicum sie erst aus einem weitläuftigen nichtsbedeutenden Gewäsche mühsam heraus suchte? Nein! auf diesem Wege zu dem Ruhme eines Gelehrten empor zu steigen, ist mir jederzeit verhaßt gewesen. Und wie groß ist denn die Ehre solcher papiernen Verdienste, die öfters nur

von Unwissenden gelobet und bewundert oder von eben so Unwissenden getadelt und verachtet werden! Die Schrift sey wohlgerathen: Wie viele kennen sie? wie wenige würdigen sie, sie zu lesen? Und noch wenigere werden sie vielleicht verstehen und den Unterricht, der darinnen gegeben wird, annehmen. Ist die Schrift elend, o so wird sie eine von Ländern zu Ländern eilender Schandfleck ihres Verfassers, der um desto garstiger ist, da ihn der muthwillige Verfertiger der Schrift sich selbst freywillig zugezogen hat.

Ich verehre die weise Vorsicht, die mich so geführet hat, daß meine geringen Bemühungen unmittelbar zum Nutzen der Welt konnten bestimmt seyn; und ich danke es derselben mit einem Herzen, voll von der lebhaftesten Empfindung, daß sie meine Arbeiten bis hieher gesegnet hat.

Wenn seine Pflichten erfüllt zu haben, vielleicht mit einem gewissen Eifer und nicht ohne allen Nutzen erfüllt zu haben, einiges Verdienst gibt, so schmeichle ich mir einen Anspruch darauf machen zu können, und ich berufe mich auf Zeugen, die an verschiedenen Gegenden vielleicht heller und deutlicher reden als ganze Stöße gedruckter Papiere. = = =

Ich muß mich itzund rechtfertigen, warum ich denn wider meine Neigung ein Auctor werde? Hier sind die Triebfedern:

Der weise Fürst, den man in Europa nur nennen darf um seine Größe bewundert zu sehen, und den ich als ein glücklicher Unterthan mehr stillschweigend verehre, als öffentlich zu erheben suche; dieser erwünschte Regent der Baadischen Provinzen, der nicht das geringste vorbey läßt, das Wohl

seiner

seiner Länder blühend zu machen, und der alle Künste und Wissenschaften um sich her versammlet, und mit seiner Gnade beschützet, befahl, die nützlichsten Theile der Mathematick allen seinen Einwohnern bekannt zu machen.

Dem Landmanne, dem Profeßionisten den angehenden Kaufleuten und andern, die sich eigentlich den Wissenschaften nicht widmen wollen, denn diese finden ihren Unterricht an einem andern Orte von mir, wurde sogleich der Weg geöfnet, ihre Begierde in diesen Erkänntnißen sättigen zu können. Ein gnädigster Befehl vertraute auch mir einen Theil dieser Geschäfte an, dem ich bisher nach möglichsten Kräften vorzustehen mich bemühet habe.

Es sollte nebst der Rechenkunst und Geometrie auch die Baukunst, Physik

und Mechanik gelehret werden. Und es sollten diese Wissenschaften so viel möglich nach der Absicht praktisch vorgetragen werden. Mir war kein Lehrbuch der Mechanik bekannt, welches in allem Betrachte zu diesem Endzwecke mir hätte gefallen können. Bald hatten sie zu viele Theorie, die für Zuhörer von dieser Gattung zu schwer gewesen wäre; bald ertheilten sie keine praktische Regeln; bald waren sie zu weitläuftig; bald zu kostbar; bald waren manche und dennoch wichtige Lehren gänzlich übergangen; bald waren sie zu kurz. Ich entschloß mich endlich auf einem erhaltenen hohen Winke selbst einen Plan zu entwerfen. Ich habe ihn Männern von großen Einsichten vorgeleget und ich habe von mehr als einem Orte mündlich und schriftlich Versicherungen erhalten, daß einiger Nutzen mit Gewißheit davon gehoffet

werden

werden könnte. Die Ausarbeitung wird, wenn ich mir nicht zu viel schmeichle, meinem Entwurfe entsprechen.

Ich habe schon über die einzelnen Bögen in diesem halben Jahre meine Vorlesungen gehalten und ich würde nicht so kühn seyn es der Welt zu versichern, daß ich gute Vortheile davon gespühret hätte, wann hier nicht Männer von erhabenem Range wären, auf die ich mich als Zeugen berufen könnte.

Ich habe bey dem Praktischen das Theoretische nicht vergessen, sondern die Gesetze der Maschinen, wie ich glaube, deutlich und bündig bewiesen. Die Anwendungen von den Berechnungen zusammengesetzter Maschinen auf Wagenwinden, Uhren, Krahne und Mühlen; Imgleichen die wichtigen Untersuchungen von den Gesetzen der Friktion und die

die Theorie von den Kräften die man bey Maschinen zu gebrauchen pflegt, wie auch die nothwendigsten Regeln zur Erfindung und Beurtheilung einer Maschine wird man meiner Meynung nach selten in einem Lehrbuche bey einander antreffen.

Die berechneten Exempel, die ich ausführlich nach den vorgeschriebenen Regeln gegeben habe, werden vieles zu einer größern Deutlichkeit und zum leichtern Verstande meiner Schrift beytragen.

Oefters würde ich mich kürzer ausgedruckt haben, wenn ich nicht hätte besorgen müssen von den Lehrern in Landschulen, die nach diesem Buche gleichfalls unterweisen sollen, nicht vollkommen verstanden zu werden.

Die Anwendung von den einfachen Maschinen auf viele Instrumente der Künstler, Handwerker und Landleute kann Anfängern dienen, sie zu Erlernung der Mechanik desto mehr zu reitzen, um je mehr sie die Nutzbarkeit derselben aller Orten erkennen.

Damit so wohl der Lehrer als Schüler sogleich wisse, wo er zu seinem fernern Unterrichte weitere Nachricht zu suchen habe, so habe ich fast bey jeder Materie die Hauptbücher und Quellen, aus welchen man schöpfen müsse, bekannt gemacht.

Ohngeachtet des guten Druckes und der wohlgestochenen Kupfertafeln, ist man mit dem Verleger einig geworden, es um einen sehr billigen Preiß abzugeben.

Viel=

Vorrede.

Vielleicht wird dieses kleine Buch nicht blos zum Gebrauche in unsern Schulen dienen. Ich vermuthe nicht ohne Grund, daß es auch bey einigen auswärtigen Lehrern werde zu Vorlesungen angewendet werden. Ich glaube auch nicht, daß es ohne Nutzen gebraucht werden würde.

Gesetzt aber, es werde allein die Absicht erfüllet, weswegen es aufgesetzet worden ist, nemlich meinen werthesten Mitbürgern zu mechanischen Wissenschaften einen Geschmack zu machen, so halte ich mich für belohnt genug und für vollkommen entschuldiget, die Anzahl der Lehrbücher vermehret zu haben.

Ich erwarte übrigens sehr geruhig Tadel oder Lob. Ich werde mich gewiß durch dieses nicht stolz machen, durch jenes aber nicht erniedrigen lassen.

Ich werde in beyden Fällen selbst prüfen. Vergnügt werde ich Anmerkungen annehmen, die man mir darreichen wird, diesen Aufsatz vollkommener zu machen.

Bitterkeit und Schmähsucht, die jederzeit schon Kennzeichen eines schlechten Herzens sind, und gewiß, wenn sie gebraucht werden, eine nicht gar zu gute Sache verathen, werde ich muthig verachten.

Kunstrichtern aber oder andern Gelehrten, die mich öffentlich oder in Privatbriefen etwa belehren werden, statte ich schon zum voraus hierdurch öffentlich meinen Dank ab.

Carlsruhe, den 22. Febr. 1769.

§. 1.

Die Mechanik ist eine Wissenschaft oder Kunst, die uns eine vortheilhafte Bewegung hervor zu bringen lehret.

Anmerkung. Dieser Vortheil kann bald darinn bestehen, daß wir etwas sehr geschwinde bewegen, wie z. E. einen Schleifstein oder eine Spuhle an einem Spinnrade; bald darinn, daß wir etwas mit einer geringern Kraft bewegen, z. E. eine Glocke auf den Thurm, eine Kanone auf ihre Laffete, oder große Steine auf Gebäude zu bringen.

§. 2.

Bey einer jeden Bewegung muß etwas da seyn, welches dieselbe verursachet. Dieses nennet man die Kraft; dasjenige aber welches beweget werden soll, heißt die Last.

Anmerkung 1. Wenn Pferde einen Wagen ziehen so sind die Pferde die Kraft, und der Wagen ist

die Last, oder wenn der Zimmermann einen Balken auf ein Haus ziehet, so ist der Zimmermann die Kraft, der Balken aber die Last. u. s. w.

2) Da wir nun durch die Luft, das Wasser, Thiere, Gewichte, Feuer und Federn eine Bewegung verursachen können, so sind auch alle diese Dinge mechanische Kräfte zu nennen.

3) Folglich wird auch die Mechanik uns lehren müssen, wie wir die vorbenannten Kräfte zu einer vortheilhaften Bewegung nutzen können.

§. 3.

Die Kraft kann zwar wohl eine Bewegung verursachen (§. 2.) aber nicht jederzeit eine solche, die uns vortheilhaft ist. Dasjenige was die Kraft darzu geschickt macht, heißt in mechanischem Verstande eine Maschine.

Anmerkung 1. Wenn man z. E. mit 2. Pfund durch Hülfe einer Stange 20. Pfund heben kann, so heißt diese Stange eine Maschine.

2) Wir müssen daher in der Mechanik Maschinen zu berechnen und anzugeben lehren.

3) Und da man alle Maschinen in einfache und zusammengesetzte einzutheilen pfleget, so müssen wir von beyderley Arten in der Mechanik handeln.

§. 4.

Zu den einfachen Maschinen rechne ich 1) den Hebel, 2) das Rad an einer Welle oder Axe, 3) die Rolle, 4) die schiefliegende Fläche.

Anmerkung. Eigentlich ist nur eine einzige Art von einfachen Maschinen, nemlich der Hebel, und alle übrige sind Hebel unter einer andern Gestalt und lassen sich alle aus dem Hebel erklären; Oder man könnte nach der Anmerkung des gelehrten Herrn Klemms höchstens den Hebel und die schiefliegende Fläche als einfache Maschinen festsetzen. Weil aber doch gewöhnlicher Weise mehrere angenommen werden, und es vielleicht bey einigen einen Anstoß machen mögte, so habe ich diese 4. angegeben. Den Keil aber und die Schraube werde ich aus der schiefliegenden Fläche erklären. Hier werde ich folgende Ordnung beobachten, daß ich 1) die 4. Maschinen beschreibe, 2) wie sie zu berechnen sind zeige, und 3) eine Anwendung davon mache, indem ich ihren Nutzen in der Kunst und zuweilen in der Natur angebe.

I. Abschnitt.

Von einfachen Maschinen.

§. 5.

Ein Hebel ist eine grade steife Linie, die an einem Orte unterstützt ist und an welcher an 2 andern Orten Kraft und Last ange-

bracht sind. Der Ort in welchem der Hebel unterstützt ist, heißt der Ruhepunkt. Die graden Linien AD und BC (Tab. I. Fig. 1.) nach welchen sich die Kraft und Last bewegen, heißen die Richtungslinien der Kraft und der Last, und die Perpendiculairlinie CA oder CB, die von dem Ruhepunkte auf die Richtungslinien gezogen werden, heißen die Entfernungen der Kraft und der Last, auch Arme des Hebels.

Anmerkung 1) Der Hebel wird jederzeit als eine grade Linie betrachtet, und wenn er daher würklich krumm ist, so muß die Länge desselben nicht nach der Größe der krummen, sondern nach der graden Linie, die die Sehne dieser krummen Linie vorstellet, geschätzet werden.

2) Der Ruhepunkt ist öfters ein Nagel, oder Bolzen, ein Nied, imgleichen zuweilen ein Seil.

3) Was gleicharmige und ungleicharmige Hebel sind wird leicht verstanden werden können.

4) Auch kann man mit leichter Mühe darthun, daß eine Kraft die größte mögliche Entfernung habe, wenn sie nach einem rechten Winkel an einem Hebel angebracht ist.

5) Man theilet die Hebel ein in Hebel der ersten Art, die den Ruhepunkt zwischen Kraft und Last haben; der 2ten Art, wo die Last zwischen der Kraft und dem Ruhepunkte ist, und endlich der dritten Art, bey welchen die Kraft in der Mitte ist. Die beyden letzten Arten heißen auch

gleichlaufende; Die erste Art ungleichlaufende Hebel.

§. 6.

Wenn man sich eine Welle vorstellt an welcher ein Rad befestigt ist, welches sich mit der Welle um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt bewegt, so hat man ein Rad an einer Welle oder Axe.

Anmerkung. Da ein jedes Rad nichts anders als ein Cirkel ist, so ist schon die Vorstellung von einem Rade da, wo man sich einbilden kann, daß in der Bewegung ein Cirkel beschrieben werde. Folglich können die gewöhnlichen Winden auch unter diese Maschinen gerechnet werden.

§. 7.

Die Rolle ist eine Scheibe, die um einen Nagel oder um ihren Mittelpunkt beweget wird und um welche in einer Rinne ein Strick oder Seil gehet, wodurch eine Last beweget werden kann.

§. 8.

Eine schiefliegende Fläche ist eine solche Fläche, die mit der Horizontalfläche einen schiefen Winkel macht.

§. 9.

Nachdem wir die 4 einfachen Maschinen nach ihrem Begriffe angegeben haben, so werden wir itzund ihre Eigenschaften bestimmen und ihre Berechnung zeigen müssen. Es ist aber nothwendig, um das folgende besser verstehen zu können, eine und die andere Erklärung voraus zu schicken. Wenn eine Kraft eine Last nur im Gleichgewichte erhält, so wird sie eine todte Kraft genennet. Sie ist aber lebendig, wenn die Last würklich beweget wird.

§. 10.

Die Schwere eines Körpers ist seine beständige Neigung ohne wahrzunehmende äussere Ursache sich gegen den Mittelpunkt der Erde zu bewegen.

Anmerkung. So fällt ein Apfel vom Baum auf die Erde und ein Ziegel vom Dache, und ein geschossener Vogel aus der Luft vermöge der Schwere. Wenn nichts im Wege wäre, welches sie hinderte, nemlich die Oberfläche der Erde, so würden sie bis zum Mittelpunkte derselben fallen.

§. 11.

Es kann ein jeder Körper auf eine verschiedene Art in 2 Theile die gleich schwer

sind getheilet werden. Derjenige Punkt durch welchen alle grade Theilungslinien gehen, die ihn in 2 gleich schwere Theile theilen, heißt der Schwerpunkt oder Mittelpunkt der Schwere. Theilet man den Körper aber in 2 gleich große Theile, so heißet derjenige Punkt, durch welchen alle grade Theilungslinien gehen der Mittelpunkt der Größe.

Anmerkung. 1) Wenn man z. E. einen eisernen Stab hat, der 10 Pfund wiegt und schneidet ihn nach verschiedenen Gegenden in 2 Theile, deren jeder 5 Pfund wiegt, so ist der gemeinschaftliche Punkt, durch welchen diese Theilungslinien gehen der Mittelpunkt der Schwere. Wäre aber der Stab 10 Schuh groß und man theilte ihn so, daß jeder Theil 5 Schuh groß würde, so ist der Theilungspunkt der Mittelpunkt der Größe.

2) Nur bey denen Körpern, die aus einerley Materie bestehen und aller Orten gleich breit und gleich dick sind, wie z. E. bey einem bleyernen oder goldenen Cylinder, ist der Mittelpunkt der Schwere auch zugleich der Mittelpunkt der Größe. Denn die beyden Helften des Körpers, z. E. des Cylinders sind auch gleich schwer.

§. 12.

Wenn ein Körper in dem Mittelpunkte seiner Schwere aufgelegt, oder sonst unter-

stützt wird, so lieget er stille, wo er nicht durch eine äussere Kraft bewegt wird.

Sollte sich der Körper nach der einen oder nach der andern Seite bewegen, so müßte einer von diesen das Uebergewicht haben. Der Körper lieget aber nach dem Mittelpunkte seiner Schwere auf, vermöge der Bedingung. Folglich ist jede von den hervorstehenden Seiten gleich schwer. (§. 11.) Folglich hat keine ein Uebergewicht. Folglich kann sich der Körper nicht für sich selbst bewegen; folglich muß er stille liegen. Man siehet dieses unter hundert andern Beyspielen an einem Teller, den man auf einer Gabelspitze in Ruhe erhalten kann.

§. 13.

Daraus folget:

1) daß dasjenige, was den Mittelpunkt des Körpers unterstützet, die ganze Schwere des Körpers tragen müsse.

2) daß man sich also vorstellen könne, daß in dem Mittelpunkte der Schwere, die Schwe-

Schwere des ganzen Körpers enthalten sey.

3) daß ein Körper für den Umsturz sicher sey, wenn die Richtungslinie seiner Schwere, das ist, die Perpendikularlinie von seinem Schwerpunkte auf die Horizontallinie, innerhalb seiner Grundfläche, von welcher er gleichsam unterstützt wird, fällt; daß er aber umfallen müsse, wenn diese Richtungslinie ausserhalb seiner Grundfläche fällt.

4) Daß also ein Körper um desto sicherer stehe, je breiter seine Grundfläche ist.

5) Daß er auch um desto fester stehe, je näher der Schwerpunkt seiner Grundfläche ist.

Anmerkung. Aus diesen so einfachen Sätzen lassen sich die angenehmsten und nützlichsten Wahrheiten für die Natur und Kunst herleiten. Wie man schwer zu bewegende Lasten durch Walzen leicht fortbringen kann; wie man finden kann ob ein Gebäude für den Fall sicher sey; wie man verschiedene Dinge z. E. Leuchter, Dintenfässer, Pyramiden und andere Dinge einzurichten habe, daß sie recht feste stehen; wie man sich zu tragen habe, wenn man auf dem Rucken oder vor sich, etwa in einem Schurzfelle oder in den Händen eine Last trägt; warum man beym Tanzen

oder Fechten gewisse Stellungen annehmen muß, und was endlich einer zu lernen habe, wenn er ein vollkommner Seiltänzer werden will? u. s. w.

§. 14.

Eine jede Maschine muß aus irgend einer Materie nach Beschaffenheit der Umstände verfertigt seyn; z. E. aus Holz, Eisen, Stahl, Meßing, u. s. w. Durch die Beschaffenheit dieser Materie und derselben Schwere, kann man sich bald ein Hinderniß bald einen Vortheil bey der Bewegung versprechen. Es ist daher nothwendig ein Augenmerk darauf zu nehmen, um die Kraft darnach vermehren oder verringern zu können. Wir können uns aber auch die Maschinen, um ihre allgemeine Grundgesetze desto leichter zu finden, eine Zeitlang sehr gut ohne alle Materie und fern von allen daher entstehenden Folgen vorstellen. Man hat daher bey ausrechnung der Kräfte der Maschinen auf folgende 2. Stücke zu sehen:

1) Wie viel vermag die Maschine, wenn sie ohne alle Materie gedacht wird?

2) Wie groß ist ihre Würkung, wenn sie aus einer gewissen Materie verfertigt wird?

§. 15.

An einem Hebel ohne alle Materie, oder bey dem wenigstens die Materie gar keine Abänderung macht, halten sich Kraft und Last im Gleichgewichte, wenn sich die Kraft zur Last verhält, wie die Entfernung der Last zur Entfernung der Kraft; Das heist: wenn das Gewicht der Kraft so oft in dem Gewichte der Last, als die Entfernung der Last, in der Entfernung der Kraft enthalten ist.

Ich will sogleich zu allererst ein Beyspiel hersetzen: und um uns beständig kurz ausdrücken zu können soll ein □ die Last ein O aber die Kraft bedeuten.

Es sey nun die O = 1℔. die Entfernung der O = 3′ die □ = 3℔. die Entfernung der □ = 1′ so wird der Hebel im Gleichgewicht stehen. Denn die O (1℔) ist so oft in der □ 3℔.) enthalten als die Entfernung der Last (1′) in der Entfernung der Kraft (3′).

Die Wahrheit dieses Hauptsatzes in der Mechanik kann man theils durch verschiedene Versuche, auch durch das bekannte Jungenikelsche

kelsche mechanische Fundamentalgesetz, theils aber auf folgende etwas weitläuftige Art beweisen.

Es sey die □ an dem Hebel ABC = 5℔. die O aber = 1℔. Es sey die Entfernung der □ AB = 1′ und die Entfernug der O BC = 5′. Tab. I. Fig. 9.

Wie kann man nun hieraus begreiflich machen, daß sich die Last mit der Kraft an diesem Hebel im Gleichgewichte erhalten müsse?

Man stelle sich beide Gewichte D und E oder □ und O als Bleykugeln vor und verwandle ein jedes in einen Cylinder, so wird dennoch, obgleich die Figur verändert ist, das Gewicht eines jeden das nehmliche bleiben. Diese Cylinder mache man so dick, daß das Gewicht von $\frac{1}{2}$ ℔. just die Länge von AB = 1′ bekomme, so wird das kleine Gewicht E, welches 1 ℔. ist, in einen Cylinder verwandelt werden, welcher 2 mal so lang ist als AB oder = 2′ und das Gewicht D. wird einen Cylinder geben, der 10 mal so lang ist als AB = 10′. Folglich beyde Gewichte zusammen

men werden einen Cylinder ausmachen der 12 mal so lang ist, als AB = 12′. Hängt man nun den kleinen Cylinder FG in dem Mittelpunkte seiner Grösse auf, so ragt er 1′ hinter dem Hebel hervor und hängt man den Cylinder IF in dem Mittelpunkte seiner Größe auf, so ragt er bey A vor dem Hebel 5′ hervor. Man gedenke sich also den Hebel daß er von C nach L um 1′ und von A nach K um 5′ verlängert sey, so wird der ganze Hebel so groß seyn als der ganze Cylinder = 12′. Wird nun, da in der Hauptsache nichts geändert ist, der Ruhepunkt des Hebels B just mit dem Schwerpunkte des Cylinders überein kommen, so wird der Cylinder zu betrachten seyn, als wäre er nach dem Mittelpunkte der Schwere in B aufgehänget und wird folglich im Gleichgewicht oder in Ruhe bleiben müssen (§. 12.) da nun ein Cylinder ein gleich dicker und breiter Körper ist, und hier in unserm Exempel darzu aus einerley Materie nemlich aus Bley bestehet, so wird der Mittelpunkt der Schwere und der Größe einerley seyn (§. 11. Anm. 2.) wenn nun der ganze Cylinder IG in B

aufge-

aufgehängt wäre so wäre er nach dem Mittelpunkte der Größe aufgehangen, weil alsdenn jeder Theil 6' groß wäre. Folglich kommt der Mittelpunkt der Schwere des Cylinders mit dem Ruhepunkt B überein. Folglich muß der Cylinder wenn er in B aufgehängt wäre, ruhen. Da nun in dem Mittelpunkte der Schwere die ganze Schwere des Körpers bey einander ist (§. 13. Anm. 2.) so wird nichts verändert werden, wenn ich statt eines ganzen Cylinders in dem Mittelpunkte seiner Größe oder Schwere ein Gewicht hänge, welches eben so schwer ist. Folglich wird auch nichts in Ansehung des Gleichgewichts verändert werden, wenn man statt des Cylinders IF in dem Mittelpunkte seiner Größe in A ein Gewicht D hängt welches eben so schwer ist, als er, und statt des kleinen Cylinders FG in dem Mittelpunkte seiner Grösse ein Gewicht hängete, welches eben so schwer ist als er. Folglich werden sich diese Gewichte gleichfals noch im Gleichgewichte erhalten. Folglich ist das Verhältniß der O und □ gegen einander, welches im § vestgesetzet ist, richtig und unser Satz wahr.

§. 16.

§. 16.

Hieraus läßt sich leicht begreifen:

1) Daß, wenn ein Hebel im Gleichgewichte ist, und die beiden Gewichte an demselben sich gleich sind, nothwendig auch die Arme desselben sich gleich seyn müssen, und umgekehrt.

2) Daß die Gewalt der Kraft und der Last zunehme, wenn ihre Entfernungen grösser werden; daß es also möglich sey, mit sehr kleiner Kraft z. E. mit 1 ℔. eine grosse Last z. E. 200. ℔. im Gleichgewichte zu erhalten; wenn nemlich die Entfernung der Kraft 200 mal größer ist, als die Entfernung der Last.

3) Daß die nemliche Kraft das größte mögliche Vermögen habe, wenn sie unter einem rechten Winkel an dem Hebel angebracht wird. (§. 5. no. 2.)

4) Daß man aus 3 gegebenen Stücken an einem Hebel allemal das 4te durch die Regel de Tri finden könne z. E. wenn an einem Hebel die O = 12 ℔. Die □ = 48 ℔. Die Entfernung der O = 2′ wie

groß

groß muß die Entfernung des □ seyn? Man setzet folgendermassen an:

Wie sich verhält die □ zur O, so verhält sich die Entfernung der O zu Entfernung der □ oder:

48 : 12 = 2 : $\frac{1}{2}$.

Folglich ist die Entfernung der Last $\frac{1}{2}$ Schuh. Man bemerke sich hier den praktischen Vortheil im Ansetzen der Proportion: Wenn man die Kraft finden soll, so wird allemal die Entfernung der Kraft das erste Glied in dem Verhältnisse, soll man die Last suchen, so ist die Entfernung der Last das erste Glied u. s. w.

5) Mündlich werde ich beweisen daß diese Gesetze des Hebels auch bey dem Hebel der 2ten und 3ten Art vollkommen statt finden.

§. 17.

Auf dem, was im vorigen §. angeführet ist, gründet sich die ganze Verfertigung der Waagen. Eine mechanische Waage ist eine Maschine wodurch man vermöge eines

Hebels,

Hebels, die Schwere der Körper finden kann. Der Hebel erhält bey der Waage den Namen des Waagebalkens. Sind die beyden Arme des Waagebalkens sich gleich, so heißet die Waage eine ordentliche Kramerwaage. (Tab. I. Fig. 7.) Ist der eine Arm aber länger als der andere, so heißt sie eine Schnellwaage. (Tab. I. Fig. 5.)

Anmerkung. 1) Wie diese Waagen zu verfertigen sind, soll in den Vorlesungen gezeigt werden.

2) Die Kramerwaage ist richtig, wenn die beyden Arme nicht nur gleich lang sind, sondern auch wie im ganzen, so auch in gleicher Entfernung gleich schwer sind, und wenn die Waagschaalen, die man etwa daran hängt, nebst ihren Schnuren und Ketten vollkommen von einerley Schwere sind. Soll die Waage empfindlich seyn, das heißt, auch bey Kleinigkeiten den Ausschlag oder das Uebergewicht anzeigen, so muß 1) das Zünglein, oder die perpendiculaire kleine Stange, die auf dem Waagebalken aufgerichtet wird, fein lang und 2) der Zapfen, auf welchem der Waagebalken ruhet, nicht rund sondern so scharf, als die Umstände es erlauben, seyn. Wenn die Arme des Waagebalkens von der Last, die daran abgewogen wird, sich biegen lassen, so taugt die Waage zu dieser Absicht nicht; denn ihre Arme verändern sich und sie wird falsch. Ueberhaupt, wenn nicht beyde Arme grade sind, oder das Zünglein perpendiculair steht, oder wenn eine Waagschaale leichter ist als die andere, so ist eine Waage falsch. Wie man untersuchen könne ob eine Waage richtig sey, imgleichen, wenn sie falsch ist, wie man

finden könne, wo die Unrichtigkeit stecke, auch wie sich auf falschen Waagen dennoch das wahre Gewicht finden lasse, soll mündlich gelehrt werden.

Eine der größten Unbequemlichkeiten der ordentlichen Kramerwaage ist diese, daß man eben so schweres Gewicht haben muß, als der Körper schwer ist, den man darauf abwiegen will. Mündlich will ich zeigen, wie man auch mit wenigen einzelnen Gewichten große Lasten auf dieser Waage wägen kann.

An der Schnellwaage gebraucht man nur ein einziges Gewicht A, welches an dem langen Arme BC hin und her geschoben wird, (Tab. I. Fig. 5.) und durch verschiedene Entfernungen verschiedene Kraft erhält. Man nennet es, den Laufer. Durch diese Waagen kann man entsetzlich grosse Lasten, ja ganze Wagen mit Heu auf einmal abwiegen. Wie man auf einer Schnellwaage, auf welcher man vermöge ihres Laufers nur 12 Centner abwägen könnte, auch 2 oder 3 mal so grosse Last abwägen kann, ohne den vorigen Laufer herunter zu thun, zeigt der Pat. Casati auf eine schöne Art, die ich beym Vortrage zeigen werde.

§. 18.

Bis hieher haben wir den Hebel zu berechnen gelehret, in wie fern wir uns denselben blos als eine geometrische Linie vorstellten. Nur die Verschiedenheit in den Entfernungen der Last und der Kraft gaben uns Gründe, die eigentliche Gewalt einer gegebenen Kraft zu bestimmen und darzu die erfor=

erforderliche Entfernung einer gewissen Last zu finden, welche die Kraft im Gleichgewichte erhalten konnte. Nun wollen wir in einigen Aufgaben zeigen, wie man zu verfahren habe, wenn man einen Hebel der aus Holz oder Stahl oder sonst einer Materie gemacht ist, berechnen soll. Es kommen hier 3 Fragen zu beantworten vor: 1) wie kann man aus einigen gegebenen Stücken an einem materiellen Hebel die Kraft finden, die hinlänglich ist, eine Last zu unterstützen? 2) wie kann man die Größe der Last finden, die durch eine gegebene Kraft an einem solchen Hebel getragen werden kann? 3) wie kann der Ruhepunkt bestimmt werden, auf welchem ein materieller Hebel aufgelegt werden muß, wenn eine bestimmte Kraft eine gewisse Last im Gleichgewichte erhalten soll? Ich werde in den nachfolgenden §§. diese wichtige Fragen zu beantworten suchen.

§. 19.

Die erste Frage, die zu beantworten ist, ist diese: Wie findet man an einem materiellen Hebel die Größe der todten Kraft,

das heißt, derjenigen Kraft, die mit einer Last das Gleichgewicht hält. Es müssen hierzu nachfolgende 5. Stücke als bekannt gegeben seyn: 1) die Schwere des Hebels, 2) die Schwere der Last, 3) die Entfernung des Schwerpunkts des Hebels, 4) die Entfernung der Last, 5) die Entfernung der Kraft.

Man richte sich nach folgenden Regeln:

1) da die ganze Schwere des Hebels in seinem Schwerpunkte bey einander ist. (§. 13. no. 2.) so hänge man in Gedanken in diesem Schwerpunkte ein Gewicht hin, welches so schwer ist als der Hebel, und suche nun nach dem §. 15. no. 3. die Größe der Last, die von dieser Schwere des Hebels als eine Kraft betrachtet, im Gleichgewichte erhalten werden kann.

2) Da zu dieser Last keine andere Kraft als die Schwere des Hebels nöthig ist, so ziehe man die no. 1. gefundene Last von der ganzen gegebenen Last ab, so ist das übrige diejenige Last, zu welcher man eigentlich noch eine Kraft erfinden soll.

3) Auch diese Kraft suche man nach den im §. 15. no. 3. gegebenen Regeln, so hat man das was man suchte.

Ein

Ein Beyspiel mag diese Regeln erläutern: (Tab. II. Fig. 4.)

1) Es sey das Gewicht G des Hebels ABCD = 10 ℔.

2) Die Schwere der gegebenen □ = 86 ℔.

3) Die Entfernung des Schwerpunkts des Hebels C = 2′.

4) Die Entfernung der □ = 1′

5) Die Entfernung der O = 4′

so wird die Rechnung nach den vorigen Regeln diese seyn:

AB gibt BC was gibt G?

1 — 2 — — 10.

Facit. 20 ℔. = der □, die allein von der Schwere des Hebels getragen wird; Diese ziehet man ab von der ganzen □ (86 ℔.)

86 ℔. die ganze □.
20 ℔. □, die der Hebel trägt

66 ℔. Rest. = der □, zu welcher noch eine Kraft zu suchen ist, welches folgender maßen geschiehet.

DB gibt BA was 66 ℔?

4 — 1 — 66.

4 | 66 | $16\frac{1}{2}$ = der O die in E erfordert wird die □ zu erhalten.

4
26
24
2

§. 20.

Die 2te Aufgabe (§. 17.) ist diese: Die Größe der □ an einem materiellen Hebel zu finden, die durch eine gewisse O im Gleichgewichte erhalten werden kann. Es müssen uns folgende 5 Stücke bekannt seyn. 1) Die Schwere des Hebels. 2) Die Größe der todten O. 3) Die Entfernung des Schwerpunkts des Hebels. 4) Die Entfernung der O. 5) Die Entfernung der □.

Wer den vorigen §. mit Aufmerksamkeit durchgegangen ist, der hat gewiß gefunden, daß wir an dem materiellen Hebel der ersten Art weniger Kraft gebrauchen, als an einem Hebel ohne Materie erforderlich gewesen wäre. Wir werden also schon im voraus

schlies-

schliessen können; daß wir auch mit der nemlichen Kraft an einem materiellen Hebel mehr Last erhalten können als an einem Hebel ohne Materie. Denn die Schwere des Hebels erhält auch eine gewisse Last. Folglich werden wir durch nachfolgende Regeln unsre Absicht erreichen.

1) Man suche aus den gegebenen Stücken die Größe der □, die schon durch die Schwere des Hebels erhalten wird (§. 15. no. 3.)

2) Man suche auch diejenige □, die die gegebene O ohne auf den materiellen Hebel zu sehen, erhalten kan (§. 15. n. 3.)

3) Die nach no. 1. und 2. gefundene □ addire man zusammen, so hat man die ganze □.

1) Es sey die Schwere des Hebels (Tab. II. Fig. 4.) ABCD = 12 ℔.
2) Die Größe der O = = 120 ℔.
3) Die Entfernung des Schwerpunkts des Hebels = 3′
4) Die Entfernung der O = = 7′
5) Die Entfernung der □ = = 2′

Man verfährt in der Rechnung also:

1) AB gibt BC was die Schwere des Hebels G?

2 — 3 — 12

2 | 36 | 18 ℔. = derjenigen □ die der Hebel trägt.

2) AB gibt BD was die gegebene Kraft E?

2 — 7 — 120

2 | 840 | 420. = derjenigen □ welche die gegebene O erhalten kann.

3) 420 ℔. □ die von der gegebenen O erhalten wird. (no. 2.)

18 ℔. □ die der Hebel trägt. (no. 1.)

438 ℔. die ganze □, die die gegebene O an diesem Hebel erhalten kann.

§. 21.

Ich wende mich izund zur Beantwortung der 3ten Frage (§. 17.) Wie kan man an einem materiellen Hebel den Ruhepunkt finden, daß sich eine gewisse O und □ im Gleichgewichte erhalte? Ich fordere wiederum folgende 5 Stücke: 1) die Schwere des ganzen Hebels, 2) die Größe der □, 3) die Größe

Größe der todten O, 4) die Länge des Hebels, 5) die Schwere des Hebels.

Die Auflösung dieser Aufgabe mögte vielleicht manchem etwas dunkel oder schwer scheinen. Ich will mich bemühen durch eine kleine vorlaufige Einleitung sie deutlicher zu machen.

In der Rechenkunst wird gelehrt, daß sich in einer Proportion nicht nur das erste Glied zum 2ten verhalte, wie das 3te zum 4ten, sondern daß auch die Summe des 1sten und 2ten Gliedes sich zum 2ten Gliede verhalte, wie die Summe des 2ten und 3ten Gliedes zum 4ten Gliede. Z. E. nicht nur

$$2 : 4 = 8 : 16.$$

sondern auch

$$2 + 4 : 4 = 8 + 16 : 16.$$

oder $$6 : 4 = 24 : 16.$$

So wahr dieses ist, so brauchbar wird es uns in gewissen Fällen, wenn wir nemlich das 4te Glied in einer Proportion suchen sollen und uns doch nur das 1te das 2te und die Summe des 3ten und 4ten Gliedes bekannt ist. Denn nun können wir uns helfen,

indem wir sprechen: die Summe des 1sten und 2ten Gliedes gibt das 2te Glied, was die Summe des 3ten und 4ten Gliedes? Wir haben alsdenn unsere 3 bekannte Größen und können nach der ordentlichen Regel de Tri die 4te finden.

Diesen Satz haben wir auch zur Auflösung unsrer Aufgabe nöthig. Denn wir werden in den so gleich folgenden Regeln finden, daß wir zuerst den gemeinschaftlichen Schwerpunkt zwischen der Schwere des Hebels und der gegebenen O suchen sollen. Hierzu ist uns aber nur bekannt, 1) die O, 2) die Schwere des Hebels, 3) die Summe der Entfernungen der O und des Schwerpunkts des Hebels: Folglich müssen wir jenen arithmetischen Lehrsatz zu Hülfe nehmen. Nach dieser Vorbereitung sind hier die einfachen Regeln.

1) Man suche den gemeinschaftlichen Schwerpunkt der todten O und der Schwere des Hebels. Diesen findet man durch folgendes Verhältniß: Wie sich verhält die Summe der todten O und der Schwe-

Schwere des Hebels zu der Schwere des Hebels so verhält sich die Summe beyder Entfernungen von ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkte zu der Entfernung der todten O von diesem gemeinschaftlichen Schwerpunkte.

2) Man ziehe diese gefundene Entfernung von der Länge des ganzen Hebels ab, so bekommt man denjenigen Punkt wo dieser gemeinschaftliche Schwerpunkt der O und der Schwere des Hebels ist, und wo man also statt dieser beyden Gewichte ein einziges anhängen könnte, welches so schwer wäre als beyde, und auch alsdenn gleich grosse Gewalt äussern würde.

3) Endlich suche man den Mittelpunkt der Schwere welchen die gegebene □ und das no. 2. angegebene Gewicht, welches der todten O und der Schwere des Hebels gleich ist, gemeinschaftlich haben, nach folgender Proportion: Wie sich verhält die Summe aus der □ und dem Gewichte, welches der todteu O und der Schwere des Hebels gleich ist zu dem

Gewich-

Gewichte, welches der todten O und der Schwere des Hebels gleich ist, so verhält sich die Summe dieser beyden Entfernungen, welche der no. 2. gefundenen Linie gleich ist, zu der Entfernung der □ vom Ruhepunkte.

Hat man nun die Entfernung der □ vom Ruhepunkte gefunden, so hat man den Ruhepunkt selbst.

Um dem Verstande durch ein Beyspiel zu Hülfe zu kommen, wollen wir annehmen Es sey (Tab. II. Fig. 1.)

1) Die Schwere des ganzen Hebels G 8 ℔.
2) Die Größe der □ = = = 140 ℔.
3) Die todte O = = = = 12 ℔.
4) Die Länge des ganzen Hebels = 10′
5) Der Schwerpunkt des Hebels AC = 6′
und folglich CE = 4′

so schliessen wir nach der ersten Regel.

F + G gibt G was CD + DE

12 + 8 — 8 —— 4

oder

20 — 8 —— 4

20 | 32 | $1\frac{3}{5}$ gleich der Länge DE
20
——
12

nach

nach der 2ten Regel:

	10′	Länge des ganzen Hebels AE
subtr.	$1\frac{3}{5}$′	Länge von DE
	$8\frac{2}{5}$	Länge von AD, wo in dem Punkte D statt der beyden Gewichte G und F ein einziges aufzuhängen ist, welches so schwer ist als G und F.

nach der 3ten Regel.

A und I gibt I was BD und BA

$140 + 20 - 20 - 8\frac{2}{5}$

oder

$$\frac{160}{8} - \frac{20}{1} - \frac{8\frac{2}{5}}{42}$$

$$\frac{8}{5} \qquad \frac{5}{40}$$

40 | 42 | $1\frac{1}{20}$ dieses ist die Entfernung der □ und also ist bey $1\frac{1}{20}$ der Ruhepunkt.

$$\frac{40}{2}$$

Anmerkung 1) Wenn man die Probe anstellen will ob man nach diesen Regeln den richtigen Ruhepunkt gefunden habe, so kann dieses gar schön nach §. 19. oder 20. geschehen.

2) Wie man die O oder die [] an einem materiellen Hebel der 2ten oder 3ten Art finden könne wird ohne Mühe aus dem, was im §. 19. und 20. vorgetragen ist zu begreifen seyn. Den Ruhepunkt aber,

aber, wovon in diesem §. gehandelt ist, darf man nicht erst suchen, weil er in diesen Arten von Hebeln jederzeit am Ende ist. (§. 5. no. 5.)

§. 22.

An einem jedem Hebel verhält sich der Raume den die Kraft durchlauft, zu dem Raum den die Last durchlauft, wie die Last zur todten Kraft; das heißt: So vielmal die Kraft kleiner ist als die Last, um so vielmal größer ist der Raum, den sie durchlauft, als der Raum ist, den die Last durchlauft.

Wir wollen diesen Satz nur von dem Hebel der ersten Art als richtig beweisen, weil er unter sehr geringen Abänderungen von allen 3 Arten des Hebels kann gebraucht werden.

Es sey an dem Hebel AC in C die Kraft und in A die Last, so wird, wenn sich die Last von A nach E bewegt, die Kraft von C nach D herunter sinken müssen. Es ist also der Raum, den die Kraft durchlauft = CD und der Raum, den die Last durchlauft = AE. (Tab. I. Fig. 6.) Folglich verhält sich

der Raum der □ zum Raume der O wie
AE zu DC.

Wenn

Wenn man nun die Sehnen CD und EA auszieht, so entstehen 2 Triangel BAE und BCD; diese sind sich ähnlich, weil 1) der Winkel x = y und 2 weil die beyden Seiten BE und BA in dem einen Triangel und BC und BD in dem andern Triangel sich gleich sind. Folglich verhält sich auch

AE : AB = CD : CB

oder

AE : CD = AB : CB (per arith.)

Es verhält sich also auch der

Raum der □ : Raume der O = AB : CB

Es verhält sich aber

AB : CB = O : □ (§. 15.)

Folglich auch der

Raum der □ : Raume der O = O : □

oder

Raum der O : Raume der □ = □ : O.

§. 23.

Aus dem vorigen Satze werden nachfolgende Wahrheiten leicht zu begreifen seyn.

1) So vielmal die Last größer ist als die Kraft, so vielmal ist auch die Höhe zu welcher sie gehoben wird kleiner als die

Tiefe

Tiefe, in welche die Kraft hinunter sinkt. Wenn also die Last 4 mal größer ist als die Kraft, so ist die Höhe zu welcher sie in der nemlichen Zeit mit der Kraft erhoben wird, 4 mal kleiner als die Tiefe, zu welcher die Kraft hinunter steigt. Wenn also die Kraft 8′ hinunter gedrukt wird, so steigt die Last nur 2′ in die Höhe.

2) Man muß die nemliche Kraft haben, eine Last von 4 ℔. durch 1 Schuh zu bewegen oder eine Last von 1 ℔. durch 4 Schuh.

3) Da nun unter 2 Körpern derjenige am geschwindesten sich beweget, der in der nemlichen Zeit einen größeren Raum durchlauft, so wird auch die Kraft, wenn sie kleiner ist als die Last, geschwinder sich bewegen; und da überhaupt das Verhältniß der Geschwindigkeit aus dem Verhältnisse des Raumes, den Körper durchlaufen, genommen wird, so muß sich die Kraft um so viel geschwinder bewegen, um wie viel sie kleiner ist als die Last. Ist daher die Kraft 10 mal

klei-

kleiner als die Last, so bewegt sie sich 10 mal geschwinder.

4) So vielmal die □ größer ist als die O, so vielmal mehr Zeit muß man gebrauchen, wenn man sie durch eben den Raum bewegen will, den die O durchlief; wenn z. E. die □ 5 mal größer ist, als die O und die O bewegt sich in 1 Sekunde durch 15 Schuh so muß man 5 Sekunden Zeit haben ehe sich die □ auch durch 15 Schuh bewegt.

5) Es ist dieses daher nach dem Leupold das sicherste Mittel, das Vermögen einer Maschine ohne alle weitere Berechnung zu finden: Man untersuche, wie viel Schuh die O durchlauft, ehe die □ einen Schuh gehoben wird. So vielmal mehrere Schuh die O durchlauft, so vielmal größer ist auch die □. Und also weiß man die Größe des Vermögens der Maschine.

Anmerkung. Dieses ist der große Grundsatz in der ganzen Mechanik: Daß, wie viel man an der Kraft gewinnt, so viel verliere man an der Zeit und umgekehrt. Ein Satz, der oft von Männern,

nern, die Maschinen angegeben haben, unglücklicher Weise aus den Augen gesetzet worden ist. Sie glaubten alles Lob zu verdienen, wenn sie nur Maschinen erfunden hätten, zu deren Bewegung eine sehr kleine Kraft erfordert würde. Was hilft es denn, wenn ein kleines Kind mit seiner einen Hand einen grossen Balken aufs Hauß bringen könnte, es aber viele Monate Zeit darzu gebrauchte? oder was würde ein Buchdrucker darzu sagen, wenn man ihm eine Presse erfinden wollte, die durch einen Säugling könnte regieret werden, aber nur alle zwey Stunden ihre Würkung thäte? auf seinen Profit wollte ich wenigstens Verzicht thun. So viel kommt es oft darauf an, richtige allgemeine Grundsätze der Mechanik inne zu haben, und beständig auf die Absicht zu sehen, die man vor sich hat. Oft ist es gar nicht nöthig, an einer Maschine Kraft zu ersparen. Wir haben sie zuweilen überflüßig. Da können wir alsdenn durch eine wohlangebrachte Verschwendung nach unserm Wunsche eine desto grössere Geschwindigkeit bewürcken.

§. 24.

Dieses sind die vornehmsten Gesetze des Hebels. Sie verdienen aus mehr als einer Ursache, daß man sich dieselben wohl bekannt mache. Denn 1) ist der Hebel die Hauptmaschine in der ganzen Mechanik und es wird das Vermögen aller übrigen Maschinen nach demselben berechnet werden. 2) Ist der Nutzen desselben so ausgebreitet daß man

in unzähligen Werken der Natur und Kunst, in deren Erklärung, Beurtheilung und Angabe zu demselben seine Zuflucht nehmen muß. Alle Arten von Hebebäumen, die Schwengel an Ziehbrunnen, Brecheisen, Geißfüße, Schnittmesser, die Ruder an Schiffen, Nußbeisser, Zuckerkneiffen, Beißzangen, Heu- und Mistgabeln, Besen, die zweyrädrigen Kapriolèten und alle Arten von Karren, die Griffe der Holzbohrer und die Pakstöcke, womit man die Stricke an den Ballen anzieht, die so nutzbare Hebelade, die verschiedene Arten von Scheeren, verschiedene Balken in einem Gebäude, die Glieder der thierischen Körper und tausend andere Dinge sind wahre Hebel, deren Vermögen und deren Gebrauch man nach den in vorigen §§. angeführten Sätzen beurtheilen kann. Ich will unter andern nur die Scheere und die Hebelade besonders heraus nehmen. Die Scheeren sind doppelte Hebel und das Niet, wodurch sie verbunden werden, ist der gemeinschaftliche Ruhepunkt. Die Schärfe, womit sie schneiden, nennet man Messer; denjenigen Theil, an welchem man die Kraft anwendet, schlechtweg den Arm.

Nun wird leicht zu begreifen seyn, daß, wenn man etwas geschwinde durchschneiden will und welches doch nicht sehr hart ist, man die Messer lang, die Arme aber kurz machen müsse. Da haben wir die Einrichtung von den Papierscheeren. Soll man aber sehr harte und veste Dinge durchschneiden, so gebraucht man eine Vermehrung der Kraft. Daher kommen die Scheeren der Gärtner, womit sie kleine Zweige an den Bäumen abschneiden und die Scheeren der Klempner, deren Arme öfters 3 bis 4 Schuh lang sind, womit man aber auch nach Sturms Zeugnisse $\frac{1}{4}$ Zoll dicke meßingene Platten wie Papier durchschneiden kann.

Die Beschreibung der Hebelade will ich aus des Leupolds seinem Schauplatze der Hebezeuge hersetzen. Sie ist nichts anders, als ein Hebel, der bald als ein Hebel der ersten, bald als ein Hebel der zwoten Art gebraucht wird. (Tab. III. Fig. 3.) Seine Unterlage oder Ruhepunkte sind 2 eiserne Polzen, die durch Ketten verbunden sind, und die in den, in der Figur befindlichen, Löchern gestekt werden, wodurch der

Hebel

Hebel nach und nach erhöhet wird. Das übrige wird sich aus der beygezeichneten Figur begreifen lassen. Nur bemerke man, daß es ungemein viel vortheilhafter ist, wenn die Last zwischen den beyden Hohlungen, die in dem Hebel sind G und N angehänget wird. Denn wäre die Last an dem vordern Hacken angehänget, so würde die Last, wenn der Hebel in N anfliegt, zu weit entfernt seyn, und folglich zu viel Gewalt bekommen. Mündlich mehr davon

Ehe ich den Hebel ganz verlasse, muß ich wegen der Unterlagen noch erinnern, daß man diese ja allemal der Last proportionirlich mache. Denn die Unterlagen tragen die ganze Last. Dieses hat seinen grossen Nutzen auch in der Baukunst bey Durchzügen von Balken, die auf andern Balken oder auf Mauern zu liegen kommen. Sind da die Unterlagen nicht stark genug für die, von oben drückende Last, so muß das Gebäude Schaden leiden. Es gilt auch von Dachstühlen u. s. w.

§. 25.

Die 2te einfache Maschine, deren Vermögen wir nun zu berechnen vor uns nehmen, ist das Rad an einer Axe. (§. 6.) Das Verhältniß der Kraft und der Last gegen einander an derselben ist das nemliche wie beym Hebel

Wenn wir annehmen 1) daß die Kraft E perpendiculair an dem Radio des Rades und 2) die Last perpendiculair an dem Radio der Welle oder der Axe angebracht wird, so verhält sich Kraft zur Last wie der Radius der Welle zum Radio des Rades. (Tab. I. Fig. 2.)

Man stelle sich vor, daß das ganze Rad nebst der Welle so weit weggenommen würde, daß nichts als die Linie ABC übrig bliebe, so hat man die Vorstellung von einem Hebel, an welchem in C der Ruhepunkt in A die Kraft und in B die Last ist: Folglich würde CB die Entfernung der Last und CA die Entfernung der Kraft seyn (§. 5) Folglich muß sich nach §. 15. Kraft zur Last verhalten wie

CB

CB zu CA. Es ist aber CB der Radius der Welle, CA aber der Radius des Rades. Folglich muß sich Kraft zur Last verhalten, wie der Radius der Welle zum Radio des Rades.

Es sey AC oder der Radius des Rades = 5′
BC oder der Radius der Welle = 1′
die Kraft = = = = 12 ℔.

so muß die Last 60 ℔. seyn.

§. 26.

Hieraus folgt: 1) Daß, wenn man mit einer geringern Kraft die vorige Last erhalten wolle, man entweder das Rad größer oder die Welle im Durchschnitte kleiner machen müsse.

2) Daß, wenn Kraft oder Last nicht perpendiculair an den Radiis angebracht sind, dieses angegebene Verhältniß auch verändert werden müsse, weil alsdenn die Entfernung verändert wird. (§. 5.)

3) Daß die nemliche Kraft, wenn sie nach einem stumpfen oder spitzen Winkel an-

gebracht wird, jederzeit geringere Gewalt haben müsse, als wenn sie nach einem rechten Winkel würket; wo sie also das größte mögliche Vermögen hat.

4) Daß, wenn das Rad kleiner oder die Welle auf irgend eine Art dicker wird, die Größe der Kraft vermindert werden müsse.

5) Daß, wenn man zuweilen statt des Rades nur Stangen in der Welle anbringt, sich alsdenn die O zur □ verhalte, wie der halbe Diameter oder der Radius der Welle zu der Länge der Stange von dem Mittelpunkte der Welle bis an den Punkt, an welchem die Kraft angebracht ist.

6) Daß nach §. 16. no. 4. die O, die □, die Dicke der Welle und der Radius in besondern Fällen leicht zu finden sey.

§. 27.

Wird diese Maschine aus einer Materie gemacht, so wird ausserdem, was schon aus dem

dem Begriffe des Hebels fliesset, den sie vorstellet (§. 26.) nachfolgendes unter andern zu bemerken seyn: 1) Daß ein Theil der Kraft durch das Reiben der Zapfen, auf welchen sie ruhet, verlohren gehet. Es wird in der Folge hiervon etwas weitläuftiger gehandelt werden. 2) Daß auch die Dicke des Seiles, an welchem die Last in die Höhe gezogen wird, und welches den Durchmesser der Welle größer macht, in Anschlag kommen muß; weil dadurch die Kraft verringert wird. Dieses ist hauptsächlich von grossen Betrage, wenn das Seil lang ist, und sich öfters über einander wickelt. 3) Daß auch bey dieser wie bey andern Maschinen auf die Unbeugsamkeit der Seile zu sehen sey, insonderheit wenn die Seile dick sind und die Welle klein ist. 4) Daß auch die Länge des Seiles und die daher entstehende Last mitzuberechnen sey. Es haben daher die Arbeitsleute nicht so Unrecht, wenn sie behaupten, daß, je tiefer die Last herunter hänge, desto schwerer sey sie. Nur müssen sie sich nicht fälschlich einbilden, daß es wegen der grössern Entfernung der Last sey. 5) Daß wenn

diese Maschine erst im schnellen gehen ist, sie durch ihr eigenes Gewicht und den daher entstehenden Schwung die Kraft vergrössere u. s. w. Da nun dieses alles gar zu sehr von Nebenumständen abhänget, so läßt sich hier nichts allgemeines davon vestsetzen. Eine gute Erfahrung und eine praktische Beurtheilungskraft wird das Beste thun.

Anmerkung. Das, was ich hier vom Schwunge des Rades erwähnt habe, dient Fuhrleuten zu einer Aufmunterung zu ihrem eigenen Vortheile etwas schnell zu fahren, weil würklich der Schwung des Wagens der Kraft der Pferde sehr zu Hülfe kommt. Ein schönes Beyspiel findet man davon beym Leupold im Theatr. Machin. gen. Cap. XX. §. 531. an dem Gärtnerischen Holzwagen.

§. 28.

Auch bey dem Rade an einer Welle verhält sich der Raum, den die O durchlauft zu dem Raume, den die □ durchlauft, wie □ zur O.

Denn da das Rad und die Welle miteinander verbunden sind, so wird sich das Rad so oft herum bewegen, als sich die Welle herum bewegt. Wenn die Welle sich herum bewegt, so durchlauft die □, die an derselben

ben bevestigt ist, einen Raum, der so groß ist als die Peripherie der Welle. Eben so durchlauft die O einen Raum, der so groß ist, als die Peripherie des Rades, wenn sich die Welle einmal herum drehet. Da dieses nun in einerley Zeit geschiehet; so verhält sich der Raum der O zum Raume der □, wie die Peripherie des Rades zur Peripherie der Welle. Da sich aber die Peripherien verhalten wie ihre Diameter und folglich auch wie ihre Radii (nach der Geometrie); so kann man auch behaupten, daß sich der Raum der O zum Raume der □ verhalte, wie der Radius des Rades zum Radio der Welle. Nun verhält sich aber der Radius des Rades zum Radio der Welle wie □ zu O (§. 25.) Folglich verhält sich auch der Raum der O zum Raume der □ wie □ zu O.

Anmerkung. Alle Folgerungen, die im 22ten §. angeführet worden sind, gehören also auch hieher.

§. 29.

Wenn man nach dem Nutzen dieser Maschine fragt, so antworte ich, daß derselbe sehr mannigfaltig sey. Sie hat darinn einen

Vor-

Vorzug vor dem Hebel, weil Lasten durch einen Hebel auf einmal nicht sehr hoch können gehoben werden; Bey dieser Maschine aber kann man die Bewegung in einem fortsetzen und daher die □ sehr hoch in die Höhe bringen; wie man in Niedersachsen in den Häusern der Kaufleute, und in den Bergwerken siehet. Ich erwähne itzund nichts davon daß wir dieselbe bey dem Räderwerke und den daher entstehenden unzähligen Maschinen nöthig haben. Es muß in der Folge ausführlich davon gehandelt werden. Hier begnüge ich mich nur anzuführen, daß durch sie grosse Lasten aus Bergwerken, Brunnen, Steinbrüchen herausgehoben; Steine, Holz und andere Baumaterialien auf hohe Gebäude gebracht; die Anker bey Schiffen aus der Tiefe des Meers, ja ganz versunkene Schiffe damit herausgewunden; auch öfters auf der Ebene sehr sehr schwere Körper fortgerücket und durch dieselbe lastige Dinge auch in die Tiefe hinunter gelassen werden. Dieses alles geschiehet durch sie, theils in der Form eines Hasspels, wenn nemlich die Welle horizontal liegt, theils in der Figur

einer Winde, wenn die Welle perpendiculair stehet und das Seil über eine Scheibe geleitet wird. Wobey aber zu bemerken ist, daß, wenn die Last hoch zu heben, und folglich viel Seil aufzuwickeln ist, man den Wellbaum weit von der Scheibe setzen müsse, damit die Seile nicht einen scharfen Winkel machen und zerrieben werden. Sie ist sonst sehr nutzbar. Sind wenige Leute und eine grosse Last, so können sie durch die langen Stangen, weit vom Centro gehen, sind aber viele Leute oder eine kleine Last, so arbeiten sie nahe am Centro und ersparen die Zeit. Man sehe hievon Leupolds Schauplatz der Hebezeuge pag. 82. 83. Auch gehört hieher die Welle in einer Uhr, um welche die Kette gewickelt wird. Die Hugenianische Verbesserung derselben, nach welcher sie Kegelformig und mit Absätzen verfertigt wird ist aus §. 26. zu erklären, weil die Kraft der Uhrfeder, die nach und nach schwächer wird dadurch immer nach Proportion eine grössere Entfernung bekommt und also immer gleich stark würken kann.

§. 30.

Wir müssen itzund der Ordnung nach von den Rollen als der dritten einfachen Maschine handeln; deren gibt es zwo Arten. Die erste Art, die man auch die obern Rollen (Tab. I. Fig. 3.) nennet, ist so beschaffen, daß sie an einem Ringe bevestigt wird, und sich um ihre Axe bewegt. Da diese, wie eine sehr mittelmäßige Aufmerksamkeit lehret, einen Hebel der ersten Art vorstellet, an welchem das Centrum der Scheibe der Ruhepunkt ist, die Radii aber der Rolle CA und CB die Entfernungen der O und der □, und folglich sich gleich sind, so wird dadurch kein Vortheil in der Bewegung erhalten werden können. Sie wird also auch eigentlich keine Maschine zu nennen seyn. (§. 3.) Dennoch gebraucht man sie bequem, die Richtung der Bewegung zu verändern, und hierinn hat sie noch für einen winklichten Hebel, durch welchen dieses gleichfals geschehen könnte, einen Vorzug, weil durch sie die Bewegung fortdaurend ist. Es läßt sich daher durch sie aus einer horizontalen Bewegung eine perpendiculaire und aus einer

auf-

aufwärts gehenden eine unterwärts gehende machen; welches öfters sehr nützlich ist. Die 2te Art von Rollen, die man auch die untere Rolle nennet (Tab. I. Fig. 4.), ist so beschaffen, daß sie auch um ihre Axe beweglich ist, aber zugleich mit der □ hinauf oder hinunter bewegt wird. Sie lauft in einem Gehäuse A, welches ein Kloben oder Flasche heißt. In der Mitte unten an der Flaschen ist ein Haken, an welchem die □ angehänget wird. Diese Rollen vermehren die Kraft und sind folglich Maschinen. Das Verhältniß nach welchem sie die Kraft vermehren, soll in folgenden §. vorgetragen werden.

§. 31.

Wenn an einer Rolle der 2ten Art (§. 30.) die beyden Stricke parallel laufen, so verhält sich O zur □ wie der Radius der Rolle CE zum Diameter derselben BE oder O verhält sich zur □ wie 1 : 2, das heißt, die Kraft wird durch diese Maschine doppelt so stark, als sie ohne dieselbe seyn würde. (Tab. I Fig. 4.)

Man

Man nehme in Gedanken alles von der Rolle weg und behalte nichts als die Linie BCE so hat man wiederum die Vorstellung von einem Hebel, an welchem bey B wo das Seil anliegt der Ruhepunkt ist, bey C ist die □ angehängt und bey E die O. Es ist also CB die wahre Entfernung der □ EB aber die Entfernung der O.

Folglich verhält sich nach §. 15.

$$O : \square = CB : EB$$

CB ist des Radius, EB aber der Diameter. Folglich verhält sich

O:□=Radius:Diam. der Rolle oder = 1:2.

Anmerkung. 1) Laufen die beyden Stricke nicht parallel, so können auf mancherley Art die Entfernungen und folglich das Vermögen der O und □ gegen einander geändert werden. (§. 15. 16.)

2) Wie an einer Rolle O und □ zu finden sey, ist so leicht, daß ich nicht einmal den §. 16. anzuführen brauche, die □ kann nemlich immer 2mal so groß seyn als die O. Hätten wir also an einer Rolle 25 Centner O, so könnten wir 50 Centner dadurch im Gleichgewichte erhalten.

§. 32.

Wenn man diese Rolle in der Ausübung entweder aus starkem Holze oder aus Metall macht,

macht, so wird freylich dasjenige, was wir im vorigen §. dargethan haben, nicht nach aller Strenge eintreffen können. Denn 1) wird die Rolle nebst ihrer Flasche und Haken, woran die □ gehängt wird, mit in die Höhe gezogen und vermehrt also die □. 2) nimmt die Friktion der Seile einen Theil der O weg. 3) Entstehet ein Reiben, das bald kleiner bald größer ist, indem sich die Rolle um ihre Axe bewegt. 4) Ist ein sehr großes Hinderniß die Unbiegsamkeit der Stricke: Von welcher Wichtigkeit dieses sey, findet man in den Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften zu Paris vom Jahr 1699. Nollet zeiget nach diesen Regeln des Amontons, wenn man eine □ von 800 ℔. mit einem Seile von 20 Linien im Durchmesser und mit einer Rolle die 3 Zoll im Diameter habe, empor heben wolle, so müsse man die O mit 212 ℔. vermehren, um die Unbiegsamkeit der Seile zu überwältigen. Bey einer Rolle aber von 1 Schuh im Diameter habe man nur 22 ℔. O nöthig, dieses Hinderniß zu heben. Man lese auch hiervon Belidors Wasserbau-Kunst.

Anmerkung. Daraus erkennet man, wie vortheilhaft es sey, grosse Rollen statt kleiner zu wählen. Es wird auch dadurch das Reiben der Axen geringer, weil sie nicht nöthig haben, so vielmal herum zu laufen als die kleinen.

§. 32.

Auch an einer Rolle verhält sich der Raum, durch welchen sich die ○ bewegt, zu dem Raume, durch welchen sich die □ bewegt, wie □ zur ○.

Von einer Rolle der ersten Art muß ein jeder es sogleich erkennen, daß, da die Last und Kraft an einem Stricke bevestigt sind, die Kraft so viele Schuh herunter sinken müsse, als die Last Schuh in die Höhe steigt; folglich daß ihre Raume gleich sind. Last und Kraft sind sich daran auch gleich (§. 30.) Folglich verhalten sich die Raume auch umgekehrt wie die Gewichte.

Bey der Rolle von der zwoten Art mögte es mehr Schwierigkeit setzen. Allein man kann sich, wie ich glaube, die Sache leichtlich also vorstellen. Wird die Last um 1. Schuh erhoben, so muß die ganze Flasche um 1 Schuh erhoben worden seyn. Folglich

muß

muß auf jeder Seite das Seil 1 Schuh kürzer geworden seyn; zusammen also 2. Schuh. Da nun die Kraft an dem nemlichen Seile bevestigt ist, so muß die Kraft durch diese 2 Schuh sich bewegt haben, die Last aber nur durch 1 Schuh. Folglich verhält sich der Raum der Kraft zum Raume der Last, wie 2 : 1. Eben so verhält sich auch □ ; O. (§. 31.) Folglich verhält sich der Raum der Kraft zum Raume der Last, wie Last zur Kraft.

§. 34.

Der wahre Nutzen dieser Maschine wird sich erst im folgenden zeigen, wenn wir unter den zusammengesezten Maschinen auch die Flaschenzüge, die aus ihnen entstehen, berechnen werden.

§. 35.

Es folgt endlich die 4te und lezte einfache Maschine, nemlich die schiefliegende Fläche. Bey derselben heißt IK die Grundfläche HI die Höhe und HK die schiefliegende Fläche selbst oder die Länge der schiefliegenden Fläche. (Tab. I. Fig. 8.) Wenn

nun eine Kraft eine Last auf einer schiefliegenden Fläche erhalten soll, so kann die Kraft entweder parallel mit der Grundfläche, oder parallel mit der Länge der schiefliegenden Fläche würken. In beyden Fällen müssen wir itzund das Verhältniß der Last und Kraft gegen einander bestimmen.

§. 36.

Wenn die Kraft, die die Last auf einer schiefliegenden Fläche erhalten soll, parallel mit der Länge der schiefliegenden Fläche wirket, so verhält sich die Kraft zur Last wie die Höhe zur Länge, das heißt, so vielmal die Höhe kleiner ist als die Länge, so vielmal kan auch die Kraft kleiner seyn als die Last.

Wir wollen diesen Satz durch einen doppelten Beweis zu bestätigen suchen, von welchen vielleicht der erste oder der 2te Personen von gewissen Fähigkeiten deutlicher seyn wird. Zuerst wollen wir den Beweis auf die gewöhnliche Weise führen. Wir reduciren diesen Satz folgendermassen auf die Gesetze des Hebels. Wir wissen noch, daß wir uns jederzeit einen Hebel, gedenken können,

wo

wo wir uns an einer Linie Ruhepunkt, Last und Kraft vorstellen können. Nun ist die Linie CDE so beschaffen. (Tab. I. Fig. 8.) Denn in D liegt der Körper B auf, da ist also der Ruhepunkt, in C ist die Kraft angebracht, die nach der Richtungslinie CL würket und in E kann man sich die Last des ganzen Körpers B vorstellen, und CG ist die Richtungslinie der Last. Folglich ist CDE ein Hebel. Die Perpendiculairlinie DE, die auf die Richtungslinie der Last CG gezogen ist, ist die Entfernung der Last (§. 5.) und DC folglich die Entfernung der Kraft. Folglich muß sich die Kraft zur Last verhalten wie DE : DC. (§. 15.) Wir wollen die Proportion ordentlich hinsetzen.

O : □ = DE : DC.

Da sich aber die beyden Triangel DEC und DEF ähnlich sind (vermöge der Geometrie) so verhält sich auch

DE : DC = FE : ED

und also auch

O : □ = FE : ED

Wir finden weiter nach der Geometrie, daß auch die beyden Triangel FED und IGK sich ähnlich sind. Deswegen verhält sich wieder

FE : ED = FG : FK

Folglich auch

O : □ = FG : FK

Endlich sind die beyden Triangel FGK und HIK sich ähnlich. Aus dem Grunde verhält sich

FG : FK = HI : HK

und also auch

O : □ = HI : HK

HI ist aber die Höhe der schiefliegenden Fläche und HK die Länge. (§. 35.) Es verhält sich demnach

O : □ = Höhe : Länge.

Der 2te Beweis mag dieser seyn. Wir nehmen den Satz an, der in der Mechanik nur gar zu wahr ist: So viel wir an der Zeit verliehren, so viel gewinnen wir an der Kraft. Folglich um je kleiner der Raum der Last ist gegen den Raum, den die Kraft durchläuft, um desto größer kann die Last seyn. Wenn also die Last nur 1 Schuh in die Höhe gehoben wird, indem die Kraft 4 Schuh herunter

steigt,

steigt, so kann die Last 4 mal größer seyn als die Kraft und verhält sich also alsdenn

O : □ = 1 : 4

Nun sey die Höhe HI = 1 Schuh HK aber = 3′, so wird, wenn die Last sich von K nach H bewegt hat, welches 3 Schuh ist, die Kraft gleichfals 3 Schuh niedergesunken seyn, weil sie an einem Seile bevestigt sind; wenn aber die Last von K nach H sich bewegt hat, so ist sie nur so hoch als HI ist, das ist, 1 Schuh in die Höhe gehoben worden. Folglich ist die Kraft 3 Schuh niedergesunken, die Last aber nur 1 Schuh in die Höhe gebracht. Folglich verhält sich O : □ = 1 : 3. Es verhält sich aber auch HI : HK = 1 : 3.

Folglich auch O : □ = HI : HK, das ist, wie die Höhe zur Länge.

§. 37.

Ist die Richtungslinie der Kraft, die eine Last auf einer schiefliegenden Fläche erhalten soll, parallel mit der Grundfläche, so verhält sich die Kraft zur Last wie die Höhe zur Grundfläche.

Wir müssen auch in der Beweisung dieses Satzes wiederum unsern Hebel aufsuchen. Wir finden ihn leicht. Er ist IGH. (Tab. I. Fig. 10.) In G ist der Ruhepunkt, bey I die Kraft und bey H die Last. Es ist also IG die Entfernung der Kraft und GH die Entfernung der Last. Folglich verhält sich nach §. 15.

$$O : \square = GH : GI$$

Da aber FH so groß ist, als GI, weil sie gegenüberstehende Seiten eines Parallelograms sind so verhält sich auch

$$O : \square = GH : FH$$

Die beyden Triangel GHF und GHK sind sich aber ähnlich (Geomet.) Folglich verhält sich

$$GH : FH = KH : HG$$

und also auch

$$O : \square = KH : HG$$

Wegen der nemlichen Aehnlichkeit der Triangel GHK und KLC verhält sich auch

$$KH : HG = KL : LC$$

und deswegen

$$O : \square = KL : LC$$

Da

Da nun die Triangel KLC und ABC wiederum ähnlich sind, so verhält sich

$$KL : LC = AB : BC$$

Folglich auch O : □ = AB : BC, das heißt, wie die Höhe zur Grundfläche.

Anmerkung. Es wird sich mit leichter Mühe, der zweyte Beweiß des vorigen §. auch hier anwenden lassen. Ich will ihn aber, den Raum zu ersparen, nicht hersetzen. Aber in den Vorlesungen wird er doch wohl zu gebrauchen seyn.

§. 38.

Wir können aus den beyden vorhergehenden §§. nachstehende Wahrheiten folgern.

1) Um je mehrmal die Höhe der schiefliegenden Fläche in der Länge derselben oder in der Grundfläche enthalten ist, um desto kleiner kann die Kraft seyn.

2) Sie wird also unendlich klein seyn können, wenn die Höhe in der Länge unendlich mal enthalten ist, das heißt eigentlich, wenn die Länge der schiefliegenden Fläche horizontal wird, so gebraucht man keine Kraft die Last zu erhalten.

3) Da die Höhe von dem Winkel abhängt, den die schiefliegende Fläche mit der Grundfläche macht, so wird die nemliche Kraft um desto mehr Vermögen erhalten, um je kleiner dieser Winkel ist.

4) Aus drey gegebenen Stücken bey einer schiefliegenden Fläche, die Kraft, oder die Last, oder die Länge oder die Grundfläche zu finden, wird nach dem §. 16. nicht schwer seyn.

5) Da die schiefliegende Fläche auf alle Weise mit dem Hebel überein kommt, so wird sich auch der Raum der Kraft zum Raume der Last verhalten müssen, wie Last zur Kraft.

§. 39.

Bey einer schiefliegenden Fläche, würde auch alsdenn, wenn sie aus einer Materie von Holz oder Stein oder Metall gemacht wäre, die Kraft die vorhinbestimmte Würkung haben, wenn nur die Fläche vollkommen glatt und eben könnte gemacht werden. Da aber

aber dieses nicht möglich ist, so wird eine Reibung entstehen, die nach verschiedenen Umständen bald stärker bald schwächer ist, und folglich bald einen größern bald einen kleinern Theil der Kraft aufhebt. Hierauf hat man also allerdings auch in Berechnung dieser Maschine sein Augenmerk zu richten. Etwas allgemeines läßt sich hier nicht bestimmen.

§. 40.

Was den Nutzen dieser Maschine anbetrift, so viel ich itzund davon anzuführen gedenke, so bestehet er darinn, daß wir dadurch unsre Frachtwagen bequem packen können. Denn die Wagenleitern, die man anzulegen pflegt, sind nichts anders als schiefliegende Flächen. Wir können also berechnen, wie viel Kraft man anwenden müsse z. E. einen Führling mit Wein auf den Wagen zu bringen. Es sey die Höhe des Wagens = 6 Schuh. Die Länge der Wagenleiter = 10 Schuh. Das Gewicht des Führlings = 9 Centner so ist die Rechnung diese:

$$10 : 6 = 9$$
$$10 \mid 54 \mid 5\tfrac{2}{5}$$

Man brauchte also $5\frac{2}{5}$ Centner und wenn wir die übrigen $\frac{3}{5}$ Centner für die Friktion rechnen, 6 Centner. Wir ersparten also durch diese Leiter 3 Centner Kraft.

Wenn man mit beladenen Wagen Bergan fährt, so stellet die Fläche des Berges auch eine schiefliegende Fläche vor. Man wird folglich auch finden können, wie viel Kraft man nöthig habe, einen bepakten Wagen Bergan zu fahren, und folglich, wenn man weiß, wie viel Centner ein Pferd zu ziehen im Stande ist, wie viel Pferde man nöthig habe? Sie dient uns auch da, wo wir es vielleicht nicht vermutheten; nemlich wenn wir eine schwere Last hinunter lassen wollen. Z. E. ein grosses Faß mit Wein in den Keller. Hier pflegen die Küfer ihre Schrottleiter oder statt derselben Bretter an der Treppe herunter zu legen. Diese stellen eine vollkommene schiefliegende Fläche vor. Aber worzu nüzt uns da die Vermehrung der Kraft? Darzu: unsere Kraft zu verstärken, um das schnell und zu heftig durch

seine

ſeine eigene Schwere hinunterſtürzende Faß in etwas aufzuhalten. Sind nicht auch alle unſere Stiegen ſchiefliegende Flächen? So mannigfaltig iſt oftmals der Nutzen einer Sache, wenn man es gleich nicht glaubt.

§. 41.

Ausserdem was im vorigen §. von dem Nutzen und Gebrauch der ſchiefliegenden Fläche angeführet iſt, kommen hier noch zwo wichtige Anwendungen derſelben vor: 1) auf den Keil. 2) auf die Schraube. Die Geſetze des Keils und der Schraube ſind die nemlichen die §. 37. enthalten und angegeben ſind.

§. 42.

Ein Keil iſt nichts anders als eine doppelte ſchiefliegende Fläche. Die Kraft würket nach der Länge des Keils oder parallel mit der Grundlinie der einen Helfte des Keils (Tab. III. Fig. 6.)

§. 43.

Hieraus folget nach §. 37.

1) Daß ſich bey einem Keile die Kraft zur Laſt oder dem Widerſtande verhalten müſſe

müsse, wie die halbe Dicke zur Länge des Keils DC.

2) Je mehrmal AD in DC enthalten ist, desto stärkere Gewalt muß der Keil haben.

3) Folglich, je länger und je spitziger ein Keil ist, desto mehr Vermögen hat er bey der nemlichen Kraft.

Anmerkung. Man verfertigt sie gewöhnlicher Weise aus Holz und Eisen.

§. 44.

Man gebraucht die Keile hauptsächlich etwas auseinander zu treiben oder zu spalten und die Gewalt derselben ist öfters ganz erstaunend. Es werden die dikſten Klötze damit von einander getrennet und in Steingruben ganze Felsenstücke damit abgesprenget. Man bedient sich oft darzu nur einer Anzahl von hölzernen Keilen, die zwischen kleinen gemachten Spalten etwas hinein getrieben werden. Nun begießt man die Keile mit Wasser, davon schwellen sie auf und reissen entsetzliche Felsenstücke loß. Man gebraucht

braucht sie zu Weinkeltern und Oelpressen mit vielem Vortheile. Was sind unsre Pflüge, die ich in den Vorlesungen weitläuftig beschreiben werde, was unsre Beile, Aexte, Messerklingen, Nägel, unsre vordersten Zähne, die Meissel der Handwerksleute u. s. w. was sind diese alle anders als Keile? Genüg, um einen jeden aufmerksam auf die Gesetze derselben zu machen!

§. 45.

Die Schraube ist eine schiefliegende Fläche, die um einen Cylinder, welcher hier die Spindel heißt, nach und nach in die Höhe gewunden ist. Ist diese schiefliegende Fläche von aussen um einen Cylinder herum gewickelt, so heißt die daher entstehende Schraube, schlechtweg, eine Schraube oder wie sie von einigen etwas uneigentlich genennet wird, Schraubenvatter. Ist aber die schiefliegende Fläche innerhalb einem hohlen Cylinder in die Höhe herumgeführt, so bekommt die Schraube den Namen Schraubenmutter. Beyde sind durch tägliches Sehen sattsam bekannt.

§. 46.

Wenn wir aufmerksam sind, wie aus der schiefliegenden Fläche eine Schraube entstehet, so werden wir finden, daß die Grundfläche einer schiefliegenden Fläche die Peripherie der Schraube wird. Die Höhe aber der schiefligenden Fläche die Weite zwischen 2 Schraubengängen. Wir werden aber auch dieses bemerken, daß die Kraft, wodurch die Schraube bewegt wird, parallel mit der Peripherie, folglich parallel mit der Grundfläche der schiefliegenden Fläche würke. Nun wird nach §. 37. das Gesetz der Schraube leicht zu bestimmen seyn: An einer Schraube verhält sich die Kraft zur Last, wie die Weite zweyer Schraubengänge zur Peripherie der Schraube.

Anmerkung. 1) Wenn also die Weite zweyer Schraubengänge wäre = 2″. Die Peripherie der Schraube aber gleich 14″, so wäre das Verhältniß der Kraft zur Last wie 2 : 14 das heißt, die Kraft würde durch die Schraube 7mal verstärkt.

2) Je mehrmal also die Weite zweener Schraubengänge in der Peripherie der Schraube enthalten ist, um destomehr wird die Kraft durch die Schraube verstärket. Folglich müssen dicke Schrauben mit engen Gängen eine große Gewalt haben.

3) Wenn

3) Wenn die Schraube einmal ganz herumgedrehet wird, so wird die Last nur so hoch in die Höhe gehoben, als die Weite zweener Schraubengänge ist. Folglich, je mehr Gewalt die Schraube hat, desto langsamer würkt sie.

4) Es müssen daher die Schrauben mit vieler Ueberlegung angegeben werden. Eine Schraube, die einzig und allein zur Verstärkung der Kraft eingerichtet wäre, würde öfters durch ihre Langsamkeit unserer Absicht sehr zuwider seyn. Man nehme z. E. die Schrauben bey den Buchdruckerpressen und den Münzen.

5) Sie werden theils aus sehr hartem Holze als von Büchen oder Birnbaumholze, theils aus Metall gemacht. Die Art und Weise sie zu verfertigen beschreibt **Leupold** in seinem Theatr. machin. gener. p. 66. Ff.

6) Da die Gänge der Schraubenmutter und der Schraube sich in der Bewegung einander reiben, so muß man sich nicht wundern, wenn eine Schraube nicht die ganze Kraft äussert, die man durch die Berechnung nach der Theorie gefunden hatte. Folglich muß man die Kraft in etwas verstärken.

7) Weil die Erfahrung es mich gelehrt hat, ob ich gleich die Ursache nicht vollkommen einsehe, daß vielen die Berechnung einer Schraube noch immer einen kleinen Anstoß macht, wenn es auch bey den übrigen Maschinen noch so gut geht; so will ich der Wichtigkeit wegen diese Aufgaben nebst ihrer Auflösung und einigen Exempeln darzu selbst hersetzen.

§. 47.

Die erste Aufgabe soll seyn: Die Kraft zu finden, wodurch man an einer Schraube eine Last im Gleichgewichte erhalten kann? Hier muß uns gegeben werden 1) die Last 2) die Peripherie oder auch nur der Diameter der Schraube 3) die Weite zweener Schraubengänge. Die Auflösung ist folgende:

1) Ist die Peripherie gegeben, so multiplicire man die Last durch die Weite der Schraubengänge und das Produkt dividire man durch die Peripherie.

2) Ist aber der Diameter gegeben, so suche man nach der Geometrie die Peripherie und verfahre alsdenn nach der ersten Regel.

Es sey die Peripherie der Schraube = 16″ die Weite zweener Schraubengänge = $1\frac{1}{2}$″ die Last = 160 ℔; So ist

160 ℔. = der Last.
$1\frac{1}{2}$ = der Weite der Schraubengänge.
———
160
80
———
die Peripherie 16 | 240 ℔. | 15 ℔. die Größe der der Schraube. 16 Kraft.
———
80
80

Anmer-

Anmerkung. Um die Last zu finden, worzu die Kraft, die Peripherie und die Weite zweener Schraubengänge gegeben ist, multiplicire man die Peripherie durch die Kraft und dividire das Produkt durch die Weite zweener Schraubengänge. So ist nach dem vorigen Exempel

15 ℔. Kraft.
16″ Peripherie.
90
15
Weite 2 Schraubeng. $1\frac{1}{2}$ | 240 | 160 ℔. die Last.

§. 48.

Die Eintheilung der Schraube zu finden, wenn uns Kraft und Last gegeben sind. Man richte sich nach folgenden Regeln.

1) Man dividire die Last durch die Kraft, so ist der Quotient die Peripherie der Schraube und die Weite der Schraubengänge 1:

2) Nach Umständen bestimme man nun die Weite der Schraubengänge zu 1. 2. 3. 4. oder 5. Zollen oder Linien.

3) Durch eben diese Zahl 1. 2. 3. 4. oder 5. multiplicire man den no. 1. gefunde-

nen Quotienten, so hat man die Peripherie der Schraube in Zollen oder Linien.

4) Aus der gefundenen Peripherie der Schraube suche man endlich nach der Geometrie den Diameter, so hat man die Dicke der Schraube und folglich ihre ganze Eintheilung.

Z. E. Es sey die Kraft 30 ℔.
Die Last 1500 ℔, so ist nach der ersten Regel,

30 | 1500 | 50 die Peripherie, wenn
1500 die Weite der Schraubengänge 1 ist.

Nun mag nach unsrer Absicht nach der 2ten Regel die Weite der Schraubengänge = 8‴ seyn. So ist nach der 3ten Regel.

$$\begin{array}{r} 50 \\ 8 \\ \hline 400''' \end{array}$$ die wahre Peripherie der Schraube.

Und

Und endlich vermöge der 4ten Regel.

314 — 100 — 400?

```
        100
314 | 40000 | 127 122/314''' oder ungefehr 127''' und 3'''' ist der Diameter der Schraube.
      314
      860
      628
      2320
      2198
       122
```

§. 49.

Die Berechnungen der Schraube in den vorigen §§. setzen alle voraus, daß die Kraft unmittelbar an der Peripherie der Schraube angebracht ist. Dieses geschiehet aber die wenigste Zeit. An den mehrsten Schrauben würket die Kraft noch durch einen Hebel, indem man eine Stange durch eine darzu gemachte Oefnung durch die Spindel stekt, oder indem man der Schraubenmutter selbst eine solche Gestallt gibt, daß sie einen Hebel vorstellet. In diesem Falle muß ja die Verstärkung der Kraft durch den Hebel nicht

aus der Acht gelassen werden. Die Berechnung geschiehet alsdenn also:

1) Suche man, wie viel die Kraft durch die Schraube allein vermehrt wird.

2) Suche man auch, um wieviel die Kraft durch den Hebel vermehrt wird.

3) Diese n. 1. 2. gefundenen Zahlen multiplicire man durcheinander, so weiß man, wie vielmal die Kraft durch den Hebel und die Schraube verstärkt wird.

4) Wenn man nun die gegebene Kraft durch das no. 3. gefundene Produkt multipliciret, so hat man die Last, die dieser Kraft gleich ist.

Z. E. Es sey die Peripherie der Schraube = 15"
die Weite zweyer Schraubengänge = 1"
der Hebel sey = = = = = 25"
die Kraft = = = = = = 12 ℔.
so wird nach §. 47. Anmerk. die Kraft an der Schraube ohne Hebel 15mal verstärkt. Ist nun die Peripherie der Schraube 15 Zoll,

so

so ist der Diameter 5 Zoll und folglich der Radius $2\frac{1}{2}''$ (Geomet.) Die Kraft wird also durch den Hebel 10 mal verstärkt. Wenn wir nun nach der dritten Regel 10 durch 15 multipliciren, so finden wir, wie oft die Kraft durch die Schraube mit dem Hebel vermehret werde, nemlich 150 mal. War nun die Kraft allein 12 ℔. so wird 150 mal 12 ℔. = 1800 ℔. die Größe der Last seyn.

Anmerkung. Es hätte diese Berechnung eigentlich zu den zusammengesetzten Maschinen gehöret; Ich habe aber dennoch aus guten Ursachen sie hier zugleich bey der Schraube angeben wollen.

§. 50.

Kaum werde ich nöthig haben etwas von dem Gebrauche der Schrauben hinzuzusetzen. Ein jeder weiß ihren ungemeinen Nutzen. Bey allen Arten von Pressen bedienet man sich derselben. Das Geld wird durch sie gemünzt und bey vielen Handwerkern siehet man ihre Stärke an den Schraubestöcken. Sie werden aber auch bey Dingen gebraucht, wo es nicht auf eine Vermehrung der Kraft ankommt, sondern nur eine langsame Bewegung zu erhalten oder zu bemerken ist. Man

kann eine Schraube ganz herum drehen und sie wird dennoch nur um eine Kleinigkeit sich in die Höhe oder Tiefe oder Breite beweget haben. Daher gebraucht man sie auch zu den Mikrometern, um durch die Anzahl ihrer Umdrehungen die Größe eines Fleckens oder den Diameter eines Gestirns u. s. w. zu bestimmen. Imgleichen bey den Mikroscopen und Teleskopen, um die Richtung der Spiegel oder der Gläser bey denselben aufs genaueste zu treffen.

§. 51.

Dieses sind die Gesetze der einfachen Maschinen. Ich glaube, daß man zur Genüge eingesehen habe, daß sie insgesammt aus dem Hebel sich erklären lassen, und daß bey allen würklich ein Hebel nur unter einer veränderten Gestallt anzutreffen sey. Wir haben auch bey allen Maschinen den Satz bewährt gefunden: Je stärker die Kraft wird, desto langsamer würkt sie. Endlich haben wir überhaupt nur die todte Kraft zu finden gelehrt. Man siehet aber von selbst ein, daß dieses die sicherste Rechnung seyn muste,

und daß, wenn wir diese erst gefunden haben, es leicht seyn müsse eine Bewegung selbst hervorzubrigen. Man darf nur nach Proportion noch einen Theil der Kraft hinzusetzen.

II. Abschnitt.

Von den zusammengesetzten Maschinen und einigen dahin gehörigen Wahrheiten.

§. 52.

Wir werden uns itzund damit beschäftigen müssen, einen deutlichen Unterricht von den zusammengesetzten Maschinen zu geben. Es gibt deren im gemeinen Leben, in der Baukunst, Oekonomie, Bergwerkswissenschaft, in den Handwerken eine unzählbare Menge und es werden von Tage zu Tage immer mehrere erfunden, unter welchen freylich manche dem menschlichen Geschlechte mehr schädlich, viele unnütze, einige nicht vollkommen brauchbar, manche eine Frucht eines spielenden Witzes, etliche aber der Welt höchsterspriestlich und ihren

Erfindern eine wahre Ehre sind. Wir können unmöglich alle durchgehen. Ich hoffe aber diese Abhandlung so einzurichten, daß wenn man die Wahrheiten, die in derselben vorgetragen sind, gehörig gefasset hat, man so ziemlich im Stande seyn soll, von den mehrsten ein Urtheil zu fällen. Ich will daher 1) überhaupt die Gründe der Berechnung der zusammengesetzten Maschinen zeigen 2) diese weiter an zusammengesetzten Hebeln, am Räderwerke, an Flaschenzügen und der Schraube ohne Ende ausführen 3) dieselbe auf einige der bekanntesten und nützlichsten Maschinen anwenden 4) einen Unterricht von einem Haupthindernisse bey allen Kräften nemlich der Friktion ertheilen 5) von den vornehmsten Kräften in der Mechanik und von ihrem Gebrauche einige Regeln geben und 6) einige Regeln hersetzen, nach welchen man sich überhaupt bey Erfindung oder Beurtheilung von Maschinen zu richten habe. Ich glaube auf diese Art nichts wesentliches zu übergehen. Ich werde mich so viel es die Deutlichkeit erlaubt, meiner Absicht gemäß der Kürze bedienen.

§. 53.

Ich soll demnach zuerst diejenigen Regeln angeben, nach welchen man bey Berechnung zusammengesetzter Maschinen zu verfahren hat. Zusammengesetzte Maschinen bestehen, vermöge ihrer Benennug aus mehrern einfachen. Will man daher die Gewalt finden, die eine Kraft durch eine zusammengesetzte Maschine erhält, so ist dieses die Regel. Man rechne aus, wie vielmal die Kraft durch eine jede dieser einfachen Maschinen, aus welchen die zusammengesetzte besteht, vermehret werde und multiplicire diese Facta durcheinander, und dadurch endlich die Kraft so hat man die Größe der Würkung der Kraft vermöge der Maschine. Ich will diese Regel 1) bey zusammengesetzten Hebeln 2) bey dem Räderwerke 3) bey den Flaschenzügen 4) bey der Schraube ohne Ende weiter ausführen und darauf die Anwendung davon auf die Berechnung der Wagenwinde, der Uhren, des Krahns und der Mühlen machen.

§. 54.

§. 54.

Vervielfältigte Hebel sind 2 oder mehrere Hebel, die so mit einander verbunden sind, daß die Bewegung des einen zugleich die Ursache der Bewegung des andern ist. An einem solchen Hebel finden wir die Last nach folgenden Regeln.

1) Man berechne nach §. 15. die Größe der Last, die durch die gegebene Kraft an dem ersten Hebel im Gleichgewichte erhalten werden kann.

2) Diese sehe man als eine Kraft an, die an dem 2ten Hebel applicirt ist, und berechne nun wieder die Größe der Last an diesem 2ten Hebel.

3) So verfahre man so lange biß man zu Ende ist, so bekommt man die Größe der Last, die an dem letzten Hebel durch die Kraft am ersten Hebel kann erhalten werden.

Es sey z. E. ein dreyfacher Hebel AI (Tab. II. Fig. 2.)

die Kraft sey = 4 ℔.

HI = 4′ EG = 4′ CB = 3′

HF = 1′ GD = 1′ BA = 1′ so

so kan nach §. 15. In F eine Last von 16 ℔. angehängt werden. Denn die Kraft wird 4 mal vermehrt, Diese 16 ℔. sind als eine Kraft bey E anzusehen und da an diesem Hebel die Kraft gleichfals eine 4 mal grössere Last erhalten kann, so kann man bey D eine Last von 64 ℔. anhängen. Diese betrachten wir als eine Kraft die in C hängt und da an diesem Hebel die Kraft 3 mal vermehrt wird, so wird sie eine Last von 192 ℔. in A im Gleichgewichte erhalten. Eben das kann die Kraft K in I durch Vereinigung dieser Hebel.

Anmerkung. 1) Der Nutzen dieser Berechnung zeigt sich hauptsächlich beym Räderwerke. Denn sonst verbindet man eben nicht leicht Hebel auf diese Art.

2) Mündlich kann gezeiget werden wie diese Rechnung auch bey Hebeln der 2ten und 3ten Art statt finde.

§. 55.

Wenn mehrere Räder mit einander verknüpft werden, so, daß eines die Ursache der Bewegung des andern ist, so heißt eine solche Verbindung von Rädern ein Räderwerk. Ein Rad bewegt das andere theils indem die

die beyden Räder durch Schnüre mit einander verbunden sind, wie bey den gewöhnlichen Spinnrädern das Rad mit der Spuhle, oder wie bey den Scheerschleifen, theils indem es durch hervorragende Theile in Vertiefungen eines andern Rades greift, wie bey allen Uhren und Mühlen zu sehen ist. Diese hervorstehende Theile heissen Zähne. Stehen diese Zähne oben an der Peripherie des Rades so heisset ein solches Rad ein Stirnrad. Stehen sie aber an der Seitenfläche des Rades, so wird es ein Kammrad genennet; das Rad, welches durch ein andres bewegt wird, heißt ein Getriebe, mit einem allgemeinen Namen. Ist ein solches Getriebe aus 2 Scheiben zusammengesetzet, die durch verschiedene cylindrische Stöcke mit einander verbunden sind, so heißt es ein Trilling, und diese Stöcke, Trillingsstöcke; Ist aber ein solches Getriebe eine Welle, in welcher die Vertiefungen eingeschnitten sind, so heißt es ein Kumpf.

Anmerkung. Bey den Stirnrädern laufen die Zähne parallel mit dem Diameter oder sie stehen perpendiculair auf der Peripherie. Bey Kammrädern aber laufen sie parallel mit der Axe. Die

Trillingsstöcke laufen auch parallel mit der Axe des Trillings.

§. 56.

Bey Berechnung des Räderwerks kommen folgende Aufgaben vor: 1) an einem gegebenen Räderwerke aus der bekannten Größe der □ die O zu finden, wodurch die □ erhalten werden kann 2) wenn die O bekannt ist, die □ zu suchen 3) zu finden, wie vielmal eines von den Rädern herumlaufen muß, wenn ein bestimmtes Rad einmal herum kommt. 4) Zu finden, wie viel Räder man nöthig habe und wie viel Zähne jedes Rad haben müsse, wenn man uns vorgeschrieben hat, wie oft ein gewisses Rad herum kommen soll, wenn ein anderes einmahl. 5) Wenn uns O und □ gegeben ist, zu finden, wie viel Räder man braucht, und wie viel Zähne jedes haben müsse, damit ein Gleichgewicht entstehe? Lauter wichtige Aufgaben, die wir einzeln auflösen wollen.

§. 57.

Wenn uns 1) ein Räderwerk gegeben ist und 2) die Größe der □ bekannt ist, wie

finden

finden wir die ○, die dieser □ das Gleichgewicht hält?

Man richte sich nach folgenden Regeln.

1) Man zähle die Anzahl von Rädern und suche den Radium des großen und kleinen Rades oder der Welle.

2) Man suche nach §. 25. wie viel Kraft an dem ersten Rade erfordert werde, die gegebene Last zu erhalten.

3) Diese gefundene Kraft betrachte man als eine Last die an dem 2ten Rade angehänget ist, und suche auf die vorige Art die Kraft, die diese Last erhalten könne.

4) Man fahre auf diese Art fort biß man zu Ende kommt, so erhält man die verlangte Kraft.

Anmerkung. 1) Gesetzt, es sey uns ein Räderwerk welches aus 3 Rädern ABC bestehet, gegeben; So suche man nach der ersten Regel alle Radios der grossen und kleinen Räder oder der Wellen.

Es sey (Tab. II. Fig. 3.)

$$EF = \tfrac{1}{2}' \quad GH = \tfrac{1}{2}' \quad KL = \tfrac{1}{2}'$$
$$EG = 6' \quad HK = 5' \quad LN = 4'$$

die Last sey = 1200 ℔.

Ver-

Vermöge der 2ten Regel suchen wir nun die Kraft, die in G angehängt werden müßte, um die Last Z im Gleichgewichte zu erhalten durch folgende Proportion:

EG gibt EF was 1200 ℔?

6 — $\frac{1}{2}$ — 1200 ℔?

6 | 600 ℔ | 100 ℔. = der Kraft in G.
600

Diese betrachten wir nach no. 3. als die Last an dem 2ten Rade und suchen die Kraft, die in K angehängt werden müßte, auf folgende Art:

HK gibt GH was 100 ℔?

5 — $\frac{1}{2}$ — 100 ℔?

5 | 50 | 10 ℔. gleich der Kraft
50 bey K.

Diese halten wir wieder nach no. 4. für die Last und suchen die Kraft in N. folgendermaßen:

LN gibt KL was 10 ℔?

4 — $\frac{1}{2}$ — 10 ℔?

4 | 5 | $1\frac{1}{4}$ ℔. gleich der Kraft, die
4 1200 ℔. in D. erhalten kann.
1

2) Kürzer könnte man die Regeln, die im §. gegeben sind, also ausdrücken:

1) Man dividire durch die Radios der kleinen Räder der Wellen die Radios der grossen und bemerke die einzelnen Quotienten.

2) Diese Quotienten multiplicire man in einander.

3) Durch das Produkt dividire man die Last, so ist der Quotient die gesuchte Kraft:

In dem vorigen Exempel war

$EF = \frac{1}{2}'$ $GH = \frac{1}{2}$ $KL = \frac{1}{2}$

$EG = 6'$ $HK = 5$ $KN = 4$

dividiret man nun nach der ersten Regel die Radios durch einander so sind

$\frac{1}{2} | 6 | 12$ $\frac{1}{2} | 5 | 10$ $\frac{1}{2} | 4 | 8$

6 5 4

12. 10. 8.

die Quotienten. Diese multipliciret man durch einander nach der 3ten Regel:

$$\begin{array}{r} 12 \\ 10 \\ \hline 120 \\ 8 \\ \hline 960 \end{array}$$

Durch

Durch dieses Factum 960 dividirt man die Last 1200 ℔.

960 | 1200 | $1\frac{240}{960}$ = $1\frac{1}{4}$ ℔. gleich der vorhin gefundenen Kraft.
  960

  240

3) Daß man nur umgekehrt verfahren dürfe, um an einem Räderwerke, wenn die Kraft gegeben ist, die Last zu finden, wird hoffentlich ein jeder leicht begreifen. Ich werde also keine besondern Regeln davon geben.

4) Da gleich große Räder, die in einander greifen auch gleichviele Zähne bekommen, ein jedes Rad aber auch um so viel weniger Zähne bekommt, je kleiner es ist, so kann man auch für die Radios die Anzahl ihrer Zähne nehmen, und diese durch einander dividiren oder multipliciren, wie es die Umstände erfordern. Z. E. wenn man 2 Räder A und B hat: A hat zum Radio 6′, B aber 12′ so hat, wenn A hätte 70 Zähne, B 140 Zähne. Es ist also der Quotient der nemliche, ob ich 12 durch 6 oder 140 durch 70 dividire. Folglich ist es auch einerley, ob ich die Räder nach ihren Halbmessern oder Zähnen beurtheile und vergleiche. Doch leidet dieses zuweilen eine Ausnahme; wie unter andern bey Uhren, wo man statt der Zähne die Radios selbst mißt.

§. 58.

Ist uns eine Last und eine Kraft gegeben (§. 56.) die sich durch ein Räderwerk im Gleichgewichte erhalten soll, so finden

wir 1) die Anzahl der Räder 2) die Verhältnisse der Radiorum der kleinen Räder gegen die Radios der grossen Räder, oder welches einerley ist, die Anzahl von Zähnen an jedem Rade nach beygesetzten Regeln:

1) Man dividire die Kraft durch die Last, so zeigt der Quotient, wie vielmal die Last größer ist als die Kraft und also, wie vielmal die Kraft verstärket werden muß, wenn sie der gegebenen Last gleich seyn soll.

2) Nun sehe man den gefundenen Quotienten als ein Factum an und zerlege denselben in verschiedene kleine Zahlen, durch deren Multiplication dieses Factum hat entstehen können. Dieses Zerlegen geschiehet, wenn man das Factum durch irgend eine Zahl dividirt, und den gefundenen Quotienten, wieder dividirt, so werden der erste Divisor, der 2te Divisor und der lezte Quotient, die 3 Zahlen seyn, die, wenn sie durch einander multiplicirt werden, das erste Factum wieder geben.

3) So viele Zahlen man nach no. 2. bekommt, so viele große Räder muß man haben.

4) Diese no. 2. gefundenen einzelnen Zahlen zeigen auch zugleich die Größe des Radii eines jeden Rades an, wenn die Welle oder das kleine Rad zum Radio 1 hat. Gibt man folglich nach Umständen dem Radio des kleinen Rades oder der Welle 2. 3. 4. 5. Schuh oder Zolle, so muß auch die Zahl, die den Radium des grossen Rades anzeiget, durch 2. 3. 4. 5. multiplicirt werden, so zeigt das Factum die Anzahl von Schuhen oder Zollen, die die Länge des Radii des grossen Rades hat. Eben so zeigen die no. 2. gefundene Zahlen die Anzahl von Zähnen des grossen Rades, wenn das kleine Rad oder der Trilling 1 Zahn oder 1 Trillingsstock hätte. Haben nun die kleinen Räder z. E. 5 Zähne, so müssen die vorigen Zahlen durch 5 multipliciret werden, so hat man die Anzahl von Zähnen, die jedes grosse Rad haben muß.

Wir sollten mit 15 ℔. 90 ℔. an einem Räderwerke im Gleichgewichte erhalten, so

wird nach der ersten Regel 900 ℔. durch 15 dividirt:

15 | 900 | 60 ℔. Um so vielmal muß die
    900   Kraft vermehret werden.

Nach der 2ten Regel wird 60 in kleine Zahlen zerlegt, durch deren Multiplication 60 entstehen kann. Dieses finden wir etwa so:

5 | 60 | 12   4 | 12 | 3

so sind 5. 4. 3. die Zahlen, die durch ihre Multiplication durch einander 60 geben. Folglich brauchen wir 3 große Räder nebst ihren Wellen oder kleinen Rädern.

Nach der 3ten Regel zeigt 5. 4. 3. zugleich die Größe des Radii eines jeden grossen Rades an, wenn die Welle desselben 1 hat. Z. E. das grosse Rad

A hat 5′ und alsdenn das kleine a 1
B — 4 — — — — b 1
C — 3 — — — — c 1

oder wenn man nun dem Radio des kleinen Rades

a gäbe 5′
b — 5′
c — 5′

so

so hätte auch das große Rad

A 5 mal 5 = 25
B 5 — 4 = 20
C 5 — 3 = 15

Eben so mit den Zähnen an den grossen und kleinen Rädern. Hat z. E.

A 5 Zähne so hat a 1 Zahn
B 4 — — — b 1 —
C 3 — — — c 1 —

Gibt man nun den kleinern Rädern

a 6 Zähne
b 5 —
c 5 —

so muß auch das große Rad

A haben 6 mal 5 = 30 Zähne
B —— 5 — 4 = 20 —
C —— 5 — 3 = 15 —

Anmerkung. 1) Die Probe wird man nach §. 57. machen können und daher auch den Beweis von der Richtigkeit der vorigen Regeln nehmen.

2) Die Hauptsache hierbey ist eine geschickte Zerfällung der Zahlen. So hätte man z. E. die Zahl 60 auch in folgende Factoren zerlegen können: (1. 60.) oder (15. 4.) (30. 2.) (6. 10.) In diesem Falle wären nur 2 Räder nöthig gewesen, oder man hätte sie theilen können in (1. 6. 10.) (2. 5. 6.) u. s. w. so wären auch 3 Räder herausgekommen, nur hätten sie andere Verhälnisse gehabt.

Man hätte sie aber auch abtheilen können in (2. 2. 3. 5.), so hätte man 4 Räder machen müssen. Nach unser Absicht, die wir haben, und nach Umständen, unter welchen Maschinen anzulegen sind, müssen wir die eine oder die andere Eintheilung als vortheilhafter betrachten. Die Uebung macht auch hier, wie in allen Dingen, den Meister. Leupold gibt in seinem Theatro. machinar. gener. pag. 52. eine Tabelle, in welcher er alle ungrade Zahlen von 1 — 1000 getheilt hat.

§. 59.

Sind 2 oder mehrere Räder an einer Axe bevestiget, so ist wohl kein Zweifel, daß sie alle gleich oft sich herum bewegen müssen. Sind sie aber nicht an einer Welle bevestigt, sondern das eine Rad bewegt das andere, indem es in dasselbe greift, so muß nothwendig das große Rad nicht so oft herum laufen als das kleine. Es ist dieses so zu begreifen. Das große Rad z. E. bewegt das kleine indem es durch seinen Zahn einen Zahn des kleinen Rades wegstößt. So viele Zähne also das große Rad hat, eben so viele Zähne müssen auch in dem kleinen Rade fortgestossen werden. Das große Rad mag in seiner Peripherie 50 Zähne haben, das kleine aber 5. Es müssen also, wenn das große Rad sich ganz

herum

herum bewegen soll, 50 Zähne des kleinen Rades fortgetrieben werden. Wenn 5 Zähne des kleinen Rades fortgestossen sind, so ist es schon 1 mal herum. Sollen also 50 Zähne bey diesem fortgetrieben werden, so wird es 10 mal herum müssen. Nun hat sich aber das große Rad nur erst einmal herum bewegt; folglich viel langsamer als das kleine. Fragt man nun aber wie vielmal langsamer? so finden wir hier sogleich die Antwort: 10mal langsamer. Denn das große Rad bewegt sich nur 1mal herum, wenn das kleine 10mal, und folglich beweget sich das kleine Rad 10 mal geschwinder. Sehen wir nun auf die Anzahl ihrer Zähne, so erkennen wir, daß das kleine auch 10 mal weniger Zähne hat als das große. Wir können also den Schluß machen: Um so vielmal ein Rad mehr Zähne hat als ein anderes, um eben so vielmal langsamer bewegt es sich als das andere und umgekehrt. Hat also ein Rad 8 mal mehr Zähne als ein anderes, so bewegt es sich auch 8 mal so langsam, wenn es von dem andern getrieben wird. Da nun die Zähne sich nach den Peripherien richten, so können wir auch

behaupten: So vielmal grösser die Periphä-
rie eines Rades ist, so vielmal langsamer be-
wegt es sich auch, und da vermöge der Geo-
metrie sich die Peripherie wie die Diameter
und folglich auch wie die Radii verhalten, so
können wir auch schliessen: So vielmal der
Radius des kleinen Rades in dem Radio des
grossen Rades enthalten ist, so vielmal lang-
samer gehet auch das grosse Rad und um-
gekehrt.

§. 60.

Nun sind wir im Stande die beyden
nachstehenden Aufgaben nebst ihren Regeln
zu verstehen. Wir sollen an einem Räder-
werke finden, wie vielmal das letzte Rad
herum komme, wenn das erste sich einmal
herum bewegt? Man verfahre also:

1) Man suche die Anzahl von Zähnen in
den grossen und kleinen Rädern und
dividire die Anzahl der Zähne der gros-
sen Räder durch die Anzahl der Zähne
der kleinen Räder; oder man suche die
Radios der grossen und kleinen Räder
und dividire diese durcheinander (§. 59.)
und merke die Quotienten.

2) Die-

2) Diese Quotienten multiplicire man durcheinander, so ist das Produkt diejenige Zahl, die anzeigt, wie oft das letzte Rad herum kommen müsse, wenn das erste einmal herum kommt.

Anmerkung. 1) Man gebe uns ein Räderwerk von 3 Rädern A, B, C und frage, wenn A sich 1mal herum bewegt, wie oft wird C herum laufen?

das große Rad A habe 60 Zähne
das kleine Rad a habe 5 —
das große Rad B habe 56 —
das kleine Rad b habe 7 —
das große Rad C habe 36 —
das kleine Rad c habe 4 —

so sind nach der ersten Regel

5|60|12 7|56|8 4|36|9
60 56 36

die Quotienten 12. 8. 9. Diese sollen nach der 2ten Regel durch einander multiplicirt werden:

$$\begin{array}{r} 12 \\ 8 \\ \hline 96 \\ 9 \\ \hline 864 \end{array}$$

864 So vielmal wird C herum kommen wenn A 1mal.

2) Mit den Radiis würde die Rechnung die nemliche seyn; Die übergehe ich also.

3) Da ich bey einem Räderwerke ein jedes Rad als das letzte mir vorstellen kann, so werde ich auch nach den nemlichen Regeln die Geschwindigkeit eines jeden Rades finden können.

4) Wollte man endlich wissen, wie vielmal das Rad C herum käme, wenn A z. E. $1\frac{1}{4}$ oder 2 mal herumgelaufen wäre; so wird man nur in unserm Exempel 864 durch $1\frac{1}{4}$ oder 2 multipliciren dürfen.

§. 61.

Wenn wir endlich wüßten, wie vielmal ein gewisses Rad herum laufen sollte, wenn ein anderes Rad 1mal sich herumbewegte, wie könnten wir alsdenn finden 1) die Anzahl von Rädern 2) die Anzahl der Zähne, die man jedem Rade geben müsse? Man handle nach folgender Vorschrift:

1) Die Zahl, die da anzeigt, wie oft das eine Rad sich herum bewegen soll, ehe das andere 1mal, zertheile man, wie im §. 58. Regel 2. in einige kleine Zahlen, aus deren Multiplication jene hat entstehen können. So viel Zahlen man bekommt, so viel grosse Räder nebst eben

so

so vielen kleinen Rädern oder Trillingen hat man nöthig.

2) Bestimme man nach eigenem Belieben, wie viel jeder Trilling oder jedes kleine Rad Zähne haben soll?

3) Durch diese Anzahl von Zähnen multiplicire man eine jede von den no. 1. gefundenen Zahlen; so hat man die Anzahl von Zähnen für ein jedes Rad.

Es soll z. E. ein Rad C 36mal herumgehen wenn A einmal; so zerlegt man nach der ersten Regel 36 in kleine Zahlen, aus deren Multiplication 36 entstehen können. Als, in 3. 3. 4. Denn 3 mal 3 ist 9 und 4 mal 9 ist 36. Folglich sind nun 3 große Räder nebst 3 Getrieben nöthig. Nun mag nach der 2ten Regel:

das erste Getrieb oder der erste Trilling 5 Stöcke haben
das 2te — — — 2te — — 6 — —
das 3te — — — 3te — — 5 — —

Wenn nun nach der 3ten Regel die no. 1. gefundenen Zahlen 3. 3. 4. durch die Anzahl der Trillingsstöcke 5. 6. 5. multiplicirt werden,

3	:	3	:	4
5	:	6	:	5
15	:	18	:	20

so hat das erste Rad 15 Zähne
— — 2te — 18 —
— — 3te — 20 —

Folglich sind die Zähne an den Getrieben und an den Rädern nebst der Anzahl der Räder selbst gefunden.

Anmerkung. 1) Will man sich von der Richtigkeit dieser Regel durch eine Probe überzeugen, so kann es nach §. 60. leicht geschehen.

2) Hier ist die Gelegenheit noch eine und die andere nützliche Erinnerung wegen das Räderwerk zu geben. Was 1) die Dicke der Zähne an den Rädern oder den Trillingsstöcken anbetrift, so läßt sich davon keine allgemeine Regel geben. Man macht Räder bald von Holz, bald von Metall; Man gebraucht sie bald zu dieser bald zu jener Absicht. Bald ist eine große Gewalt, bald ist eine kleine dadurch zu überwältigen. Nach allen diesen Umständen siehet man ein, daß die Zähne bald stärker bald schwächer seyn können. Je größer die Last und je schwächer die Materie ist, woraus sie gemacht werden, desto dicker müssen sie seyn. Bey großen Mühlwerken machet man sie wohl zwischen 4 und 5″ dick. Da die Zähne der Getriebe die größte Gewalt auszuhalten haben, so müssen sie auch am stärksten seyn. 2) Die Zwischenraume zwischen 2 Zähnen richten sich nach der Dicke der Zähne. Nur ist zu bemerken, daß aus mancherley Gründen die Zwischenraume alle-

mal

mal etwas weiter seyn müssen als die Zähne dick sind. Dieses heißt der Spielraum. Das gewöhnlichste Verhältniß dieser Zwischenraume zu der Dicke der Zähne ist dieses: Man theile die ganze Peripherie des Rades in so viele gleiche Theile als man Zähne haben soll. Diese gefundene Theile der Peripherie theilet man wieder in 7 gleiche Theile. Von diesen 7 Theilen gibt man dem Zahne 3 Theile und 4 Theile dem Zwischenraume. 3) Die Höhe der Zähne hänget wieder von verschiedenen Umständen ab, und es läßt sich daher nichts gewisses angeben. Nur merke man wohl, daß die Zähne zuweilen oben auf der Peripherie eingesetzet werden, wie bey hölzernen Stirnrädern, zuweilen aber in der Peripherie eingeschnitten werden, wie bey metallenen. Es müssen folglich in jenem Falle, die Diameter der Räder größer, in diesem Falle aber kleiner werden. Diese Erinnerung ist wichtig. 4) Da sich aus der bekannten Anzahl von Zähnen und ihren Zwischenraumen nach der Arithmetik durch Addition die Peripherie und aus dieser nach der Geometrie der Diameter; und umgekehrt aus dem Diameter die Peripherie und folglich wenn man die Dicke der Zähne weiß, ihre Anzahl und Zwischenraume sich finden lassen, so wird es nicht schwer seyn können aus der gegebenen Anzahl von Zähnen und ihrer Dicke die Höhe des Rades zu finden, und aus der Höhe des Rades und der Dicke der Zähne, wie viel die Peripherie Zähne haben könne? Viel schönes ließ sich hier noch anbringen, wenn der enge Raum es nicht verböte. Ich verweise deswegen auf **Leupold**, **Zeising**, **Belidor** und andere.

3) In diesem und den vorigen §§. liegt der Hauptgrund von der Berechnung des Räderwerks an einer Uhr, imgleichen die Berechnung der verschiedenen

denen Mühlen, wovon wir in der Folge etwas weitläuftiger handeln werden.

§. 62.

Es folgen der Ordnung nach die Gesetze, nach welchen man die Berechnung bey einem Flaschenzuge anstellet. Ein Flaschenzug (Tab. II. Fig. 5.) ist nichts anders als eine zusammengesetzte Maschine, die aus verschiedenen Flaschen nebst den darinn befindlichen Rollen bestehet. Es sind bey einem Flaschenzuge obere und untere Rollen mit einander verbunden. Wir haben aber schon §. 30. gezeiget, daß die obern Rollen die Kraft nicht vermehren können, sondern nur allein die untern Rollen und diese machen die Kraft noch einmal so stark (§. 31.) Sollen wir daher an einem Flaschenzuge die Last finden, die durch eine gewisse Kraft erhalten werden kann, so sind dieses die Regeln:

1) Man zähle die Anzähl der untern Rollen.

2) Da jede die Kraft verdoppelt, so multiplicire man ihre Anzahl durch 2.

3) Durch

3) Durch das daher entstehende Factum multiplicire man die gegebene Kraft, so hat man die gesuchte Last.

Es seyn z. E. an einem Flaschenzuge 6 Rollen in 2 Flaschen; 3 in der obern und 3 in der untern Flasche und die Kraft sey gleich 15 ℔. so multiplicirt man die 3 untern Rollen nach der 2ten Regel durch 2:

$$\begin{array}{r} 3 \\ 2 \\ \hline 6 \end{array}$$

und dieses Factum durch die gegebene Kraft 15 ℔.

$$\begin{array}{r} 6 \\ 15 \\ \hline 90 \end{array}$$

Dieses ist die Last, die durch die Kraft von 15 ℔. an diesem Flaschenzuge erhalten werden kann.

Anmerkung. 1) Da eine jede untere Rolle die Kraft verdoppelt und auch doppelt so viel Seile sind, als untere Rollen sind, so pflegt man auch wohl die Regeln im §. also auszudrücken:

1) Man zähle die Seile an einen Flaschenzuge.

2) Man multiplicire durch ihre Anzahl die gegebene Kraft, so hat man die Last.

In unserm vorigen Exempel sind 3 untere Rollen, folglich 6 Stricke. Multiplicirt man dadurch 15 Pfund, so gibt es auch 90 Pfund als die Größe der Last.

2) Sollte man also an einem Flaschenzuge aus einer gegebenen Last die Kraft finden, so würde man, anstatt die Last durch die doppelte Anzahl der Stricke zu multipliciren, sie vielmehr durch diese Anzahl dividiren müssen; oder nach der ersten Anmerkung die Last durch die Anzahl der Stricke dividiren. Es sey an dem vorigen Flaschenzuge die Last 90 Pfund und die doppelte Anzahl der untern Rollen 6. Wenn man nun 90 hierdurch dividiret, so gibt es wieder 15 Pfund Kraft. Eben so, wenn man 90 durch die Anzahl der Stricke = 6 dividirt, so bekommt man auch 15 Pf. Kraft.

3) Da die Last aus der Multiplication der Kraft durch die Anzahl der Stricke oder die Anzahl der untern Rollen entstehet, so muß nothwendig, wenn die Last durch die Kraft dividiret wird, die Anzahl der Stricke oder die doppelte Anzahl der untern Rollen herauskommen. Z. E. nehmen wir wieder 90 Pfund Last 15 Pfund Kraft, so ist

15 | 90 | 6 = der Anzahl der Stricke oder der doppelten Anzahl der untern Rollen.
      90
Die Helfte davon ist also die wahre Anzahl.

4) Man pflegt auch wohl ganze Flaschenzüge durch ganze Flaschenzüge zu vervielfältigen. Wie dieses zu berechnen sey wird theils aus §. 53. 54. zu erkennen seyn, theils rede ich davon in den Vorlesungen.

5) Leupold räth mit guten Gründen, höchstens nicht mehr als 6 Scheiben oder Rollen zu einem Flaschenzuge zu nehmen, und lieber, wenn die

Last

Last zu groß ist, einige neben einander zu ordnen. Denn, sagt er, wenn eine Last 50 Ellen mit 2 Flaschen jede zu 6 Scheiben, sollte erhoben werde, so müste man ein Seil von 680 Ellen, darzu anschaffen, welches theils schwer zu haben, theils zu kostbar seyn würde. Daher thut man besser, noch einmal so viele Leute oder Pferde zu nehmen. Insonderheit da alsdenn auch die Zeit gespart wird. Diese Anmerkung ist wichtig

6) Bey dem Gebrauche der Flaschenzüge, die sehr nützlich sind, ist 1) darauf zu sehen, daß die Rollen sich leicht in ihren Gehäusen oder Flaschen bewegen; 2) daß die Seile über den Rollen leicht hinlaufen; 3) daß sich die Seile bey grossen Lasten durch das heftige Reiben nicht entzünzünden; 4) daß man die Seile grade unter sich ziehe, sonst wird das Verhältniß der Kraft geändert; 5) daß sich die Stricke nicht in einander verwickeln. Um dieses zu verhindern, werden in der obern Flasche die Rollen immer kleiner, je weiter sie nach unterwerts kommen. In der untern Flasche aber werden diejenigen, die nach oben zu liegen, immer kleiner. Gärtner in Dresden hat eine Art von Flaschenzügen erfunden, bey welchen alle Rollen gleich groß sind und die Seile sich dennoch nicht verwickeln können. Man findet die Zeichnung davon beym Leupold. 6) Da die ganze zu bewegende Last an dem Flaschenzuge hänget, der Flaschenzug aber an irgend einem Haken bevestigt ist, so ist wohl darauf Acht zu geben, daß dasjenige, woran er aufgehängt ist, stark genug sey, die Last zu tragen: Sonst könnte mancherley Schaden und Unglück daraus entstehen. Dieses mag genug seyn, uns in den Stand zu setzen, bey vorkommenden Fällen Gebrauch von Flaschenzügen machen zu können.

§. 63.

Es ist nichts übrig als auch zur Berechnung einer Schraube ohne Ende Anweisung zu geben. Man nennet aber eine Schraube ohne Ende eine solche Schraube, die mit ihren Gängen in ein Stirnrad greift und dasselbe bewegt. Ordentlicher Weise wird sie durch eine Handhabe AB, die man eine Kurbel zu nennen pflegt, in Bewegung gesetzet. Es kommen also bey derselben verschiedene einfache Maschinen zusammen, deren einzelnes Vermögen man ausrechnen und alsdenn durcheinander multipliciren muß, um das ganze Vermögen der Schraube ohne Ende zu finden. Die Regeln sind folgende:

1) Man suche aus dem Verhältnisse der Kurbel AB zum Radio der Spindel CD das Vermögen der Kurbel. (§. 26. n. 5.) (Tab. III. Fig. 5.)

2) Aus dem Verhältnisse der Peripherie der Schraube zu der Weite ihrer Schraubengänge, die Gewalt der Schraube selbst. (§. 46.)

3) Aus dem Verhältnisse des Radii des Rades EF zu dem Radio der Welle EG das Vermögen des Stirnrades.

4) Diese no. 1. 2. 3. gefundene Vermögen multiplicire man durcheinander, so weiß man, wie vielmal durch diese Maschine eine Kraft vermehret wird. Es sey

die Länge der Kurbel = = = = 36″
die halbe Dicke der Spindel = = 4″
die Peripherie der Schraube = = 24″
die Weite der Schraubengänge = = 2″
der Radius des Stirnrades = = 16″
der Radius der Welle = = = = 4″
die Kraft an der Kurbel = = = 25 ℔.

so werden wir das Vermögen der Schraube ohne Ende und folglich auch der Last nach vorigen Regeln folgendermassen finden: Nach der ersten Regel ergibt sich, da die Kurbel 36″ die halbe Dicke der Spindel aber 4″ ist, daß durch die Kurbel die Kraft schon 9mal vermehrt werde. Denn wir dürfen nur durch die halbe Dicke der Spindel die Länge der Kurbel dividiren (§. 26. n. 5. §. 25.)

Nach der 2ten Regel erkennen wir, daß die Schraube selbst die Kraft 12mal verstärke. Denn die Weite der Schraubengänge (2'') ist in der Peripherie (24'') 12mal enthalten (§. 46.)

Die 3te Regel zeigt, daß das Stirnrad die Kraft 4mal vermehre. Denn der Radius der Welle (4'') ist in dem Radio des Rades (16'') 4mal enthalten. (§. 25.)

Wenn wir nun nach der 4ten Regel 9. 12. 4. durcheinander multipliciren,

$$\begin{array}{r} 9 \\ 12 \\ \hline 108 \\ 4 \\ \hline 432 \end{array}$$

so erhellet, daß die Kraft 432 mal vergrössert werde; daß wir folglich mit 25 ℔. durch die Schraube ohne Ende 10800 ℔. erhalten können.

Anmerkung 1) Hieraus bemerket man ohne Mühe die große Gewalt, die diese Maschine hat und man wird sich nicht mehr wundern, warum sie von den Handwerksleuten so hoch geschätzet wird. Sie ist hauptsächlich deswegen schätzbar, weil sie in einem engen Raume und mit wenigen Kosten angebracht wird.

2) Wer

2) Wer mit Fleiß das vorhergegangene durchdacht hat, der wird sich schon die Regeln selbst bilden können, wie er die Kraft finden soll, wenn man ihm die Größe der Last gegeben hätte. Ich glaube auch, daß man aus der gegebenen Kraft und Last ohne vieles Kopfbrechen eine Schraube ohne Ende angeben könne, die so beschaffen wäre, daß sich Last und Kraft im Gleichgewichte darann erhalten könnte.

3) Den Namen Schraube ohne Ende führet sie deswegen, weil sie immerfort kann herumgetrieben werden und ohne aufhören das Stirnrad beweget, welches bey andern Schrauben nicht ist.

4) Da ihre Schraubengänge nur darzu dienen, die Zähne des Stirnrades fortzustossen, so würde es überflüßig seyn, die Schraubengänge durch die ganze Spindel zu führen. Man hat daher nicht nöthig, ihr mehr als 3 Gänge zu geben.

5) Ob die Geschwindigkeit, mit welcher das Stirnrad durch sie beweget wird, auch so groß sey, als ihr Vermögen, werden wir beurtheilen können, wenn wir sie genau betrachten. So oft sich die Schraube einmal herum wälzet, so oft wird 1 Zahn des Stirnrades fortgeschoben; Hat also das Stirnrad 30 Zähne, so muß die Schraube sich 30 mal herumdrehen, ehe das Stirnrad nur 1 mal sich herumbewegt, und die Last um so viel als die Peripherie der kleinen Welle des Rades ist, in die Höhe hebt. Ihre Bewegung also, die sie auf diese Art verursacht, ist sehr langsam, deswegen bedient man sich derselben in den Uhren. Doch kan man auch durch sie eine große Schnelligkeit zu wege bringen, wenn man die Maschine so einrichtet, daß das Stirnrad in die Schraube greift und dieselbe treibet. Denn wenn nun das Stirnrad nur 1 mal herum kommt, so muß sie nach der

vorigen Annahme 30 mal sich herum bewegen; und so gebraucht man sie mit grossem Vortheil in den Maschinen, welche zum poliren rauher Körper oder zum poliren der Gläßer erfunden worden. Man sehe Wolf. Elem. Math.

6) Da die Schraube und das Stirnrad ineinander greifen sollen, so müssen auch nothwendig die Zähne des Rades nach den Schraubengängen eingeschnitten seyn.

§. 64.

In den vorigen §§. sind Gründe und Regeln genug angegeben worden, alle Arten von zusammengesetzten Maschinen zu berechnen. Nun will ich nach meinem Versprechen (§. 52.) die Anwendung davon auf einige der bekanntesten und nützlichsten machen. Dieses sollen die Wagenwinde, die Uhren, die Krahne und die Mühlen seyn. Von allen werde ich die Haupteinrichtung anzeigen und dann in einem besondern Exempel die Berechnung selbst vornehmen.

§. 65.

Eine Wagenwinde oder Fuhrmannswinde ist eine solche Maschine, deren sich die Fuhrleute hauptsächlich bedienen, ganze Lastwägen,

wägen, die in tiefen Löchern stecken, damit heraus zu heben. Man pflegt sie auch bey andern grossen Lasten zu gebrauchen, wo man keine weitläuftige Einrichtung vornehmen kann. Da ein stark bepakter Frachtwagen öfters wohl 60-70 Centner wiegt, gewöhnlicherweise aber nur 1 Fuhrmann bey einem solchen Wagen sich befindet, dessen Kraft etwa 1 oder 1½ Centner seyn mag, so ist nothwendig, daß durch diese Maschine die Kraft sehr verstärkt werde; und da sie bequem auf der Reise muß mitgenommen werden können, so folgt, daß sie so wenigen Raum einnehmen müsse, als möglich ist. Gemeiniglich sind die Winden so gemacht, daß man ihre innere Struktur nicht sehen kann. Sie ist aber unter andern folgende: (Tab. III. Fig. 2.) In einem schmahlen hölzernen dicken Gehäuse ist eine starke eiserne Stange AB, die oben breit ist und einige Vertiefung hat, um die Axe des Wagens darauf zu legen; diese Stange ist an der Seite mit starken Zähnen versehen. Sie wird durch ein kleines getriebe C in die Höhe gehoben. An der Welle dieses Getriebes ist zugleich ein

grosses Stirnrad D, in dieses greift ein kleines Getriebe E, welches durch eine Kurbel F herumgetrieben wird. Auf solche Weise wird die eiserne Stange mit einer sehr grossen Gewalt unter der Axe des Wagens in die Höhe gebracht, und sie wird folglich, wenn sie stark genug ist, den Wagen aus dem Loche heraus heben können. Es sey

die Länge der Kurbel F = = = 15″
der Radius des Getriebes E = = 3″
die Anzahl der Zähne des Getriebes E = 5
die Anzahl der Zähne des Stirnrades D 35
der Radius des Stirnrades = = 5″
der Radius des Getriebes C = = ½″
die Anzahl der Zähne des Getriebes C = 5

so wird nach (§. 26. n. 5.) da die Länge der Kurbel 5mal größer ist, als der Radius des Getriebes, die Kraft 5mal vermehrt. Die Anzahl der Zähne des Getriebes E (5) ist in der Anzahl der Zähne des Stirnrades (35) 7mal enthalten. Folglich wird dadurch die Kraft 7mal vermehret. Das Stirnrad, welches an einer Axe mit dem letzten Getriebe C ist, hat zum Radio 5″ und der Radius des Getriebes ist 1 Zoll. Folglich wird

wird dadurch die Kraft 5 mal vermehret: In allem alſo

$$\begin{array}{r} 5 \\ 7 \\ \hline 35 \\ 5 \\ \hline 175 \end{array}$$ mal.

Wenn nun ein Fuhrmann nur $\frac{1}{2}$ Centner Kraft anwendet, ſo hat er eine Gewalt von $87\frac{1}{2}$ Centner, welches ganz erſtaunend iſt.

Geſetzt nun, die Stange werde durch die 5 Zähne des Getriebes C jedesmal $3\frac{3}{5}''$ in die Höhe gehoben, ſo muß die Kraft an der Kurbel 175 mal $3\frac{3}{5}''$ oder 630″ durchlaufen ſeyn. Dieſes wird ſich auch durch die Rechnung finden. Wenn das Getriebe C einmal herum kommt, ſo kommt auch das Stirnrad D 1 mal herum, weil ſie an einer Welle beveſtigt ſind. Da aber das Stirnrad 7mal mehr Zähne hat als das Getriebe E ſo muß das Getriebe E 7mal ſich herum bewegen, wenn das Stirnrad 1 mal; und da die Kurbel F mit dem Getriebe E an einer Welle iſt, ſo wird auch die Kurbel 7mal herumlaufen

müſ-

müssen, wenn das Stirnrad 1mal herumlauft, und folglich das Getriebe C die Stange AB um $3\frac{3}{5}''$ in die Höhe heben soll. Nun ist aber der Radius der Kurbel 15'' folglich der Diameter desselben 30 und die Peripherie 90''. Da nun diese Peripherie von der Kraft 7mal durchgeloffen wird, so muß 90 mit 7 multiplicirt werden

$$\begin{array}{r} 90 \\ 7 \\ \hline 630 \end{array}$$

so ist 630'' der ganze Weg, den die Kraft durchlauft, wenn die Last, das heißt, dee Wagen, der auf der Stange ruhet, $3\frac{3}{5}$ Zoll sich in die Höhe bewegt. Diese 630'' durch $3\frac{3}{5}''$ dividirt

$$630 : 3\tfrac{3}{5} = \frac{630}{1} : \frac{18}{5} = \frac{3150}{18} = 175$$

so kommt 175 heraus. So vielmal lauft also die Kraft geschwinder als die Last. Eben so vielmal war aber auch die Last größer als die Kraft.

Anmerkung. Dieses wird hinlänglich seyn, uns einen ziemlichen Begriff von diesen Winden zu geben. Man hat zweyspännige, dreyspännige 4 und 5 spännige Winden. Sie haben ihren Namen von den Wagen, zu welchen man sie gebrau-

brauchen will. Eine zweyspännige vermehrt die Kraft ordentlicher Weise 55mal, eine dreyspännige 77mal, eine fünfspännige 100mal u. s. w.

§. 66.

Ich komme zu den so bekannten als nützlichen Maschinen zu den Uhrwerken. Es ist meine Absicht hier gar nicht, die Verfertigung aller Arten von Uhren zu zeigen. Dieses würde viel zu weitläuftig seyn, und es gehört in die Uhrmacherkunst. Ich empfehle aber zum eigenen Nachlesen Leutmanns vortrefliche Abhandlung von den Uhren und den neuen englischen Uhrmacher. Ich will hier nur so viel zeigen, daß man durch das vorhergehende in den Stand gesetzet sey, das vornehmste, was bey Verfertigung der Uhren vorkommt, zu verstehen und zu berechnen. Die Hauptabsicht der Uhren ist, wie ein jeder weiß, die Größe der verflossenen Zeit und vorzüglich der Stunden und Minuten durch Herumbewegung eines Zeigers zu bestimmen. Diese Absicht wird erreicht durch die Verbindung verschiedener Räder, deren erstes durch eine gewisse Kraft in Bewegung gesetzet wird, und wo an der Axe eines von diesen Rädern

ein Zeiger bevestigt ist, der durch sein Fortrücken über eine in 12 oder 60 gleiche Theile getheilte Scheibe, die das Zifferblatt genennet wird, die verflossenen Stunden oder Minuten weiset. Die Kräfte, die die mehrsten Uhren in Bewegung setzen, sind entweder Gewichte oder Federn. Das letzte geschicht bey den gewöhnlichen Taschenuhren, das erste bey den mehrsten Wanduhren. Eine solche Wanduhr wollen wir itzt vor uns nehmen, und zergliedern. Sie soll die Absicht haben, Stunden zu zeigen. Hier wollen wir 1) schlechtweg die Einrichtung beschreiben 2) lehren, wie wir die Anzahl und die Eintheilung der Räder finden können damit der Zeiger die Stunden bemerke: 3) die Berechnung angeben, wie viel Gewicht man nöthig habe, eine solche Uhr in Bewegung zu erhalten.

§. 67.

Die Einrichtung einer solchen Stundenwanduhr könnte folgende seyn: (Tab. IV. Fig. 1.) 1) Ist der Perpendickel A, welches eine lange Stange ist, worann sich unten ein Gewicht befindet, welches nach Umständen höher hinauf

hinauf oder tiefer herunter geschraubt werden kann, damit der Perpendikel im ersten Falle geschwinder im 2ten Falle aber langsamer gehe. 2) An dessen Axe b sind 2 Spindellappen c. c. diese greifen 3) in das Steigrad d und treiben es durch das hin- und herfahren oder vibriren des Perpendikels nach und nach herum. 4) An der perpendiculairen Welle dieses Steigrades ist das Getriebe E bevestiget, welches sich mit dem Steigrade zugleich horizontal herum bewegt. Dieses Getriebe greift 5) in ein perpendiculaires Kamm- oder Kronenrad F, welches 6) An seiner horizontalen Welle das Getriebe G perpendiculair mit sich herum bewegt. Dieses greift 7) in das perpendiculaire Stirnrad H an dessen horizontalen Welle 8) das Getriebe I sich befindet, welches mit dem Stirnrade H zugleich perpendiculair herum lauft. Dieses greift 9) in das Stirnrad K, welches das sogenannte grosse Rad ist und treibt es perpendiculair herum. An dieser nehmlichen Welle ist 10) die Rolle L deren Diameter so groß ist, als der Diameter des grossen Rades, um welcher an einem Stricke

das

das Gewicht herum lauft. 11) In der hohlen Welle des grossen Rades wird eine andere genaupassende Welle gestekt, an welcher vorne der Zeiger M bevestigt wird, der sich so oft herumdrehet als das grosse Rad. 12) Die Verbindung der Räder und die Bewegung des Perpendikels ist so eingerichtet, daß das grosse Rad alle 12 Stunden 1mal herum kommt; Folglich in jeder Stunde nur den 12ten Theil. Eben so auch der Zeiger. Wird daher aussen an dem Gehäuse eine Cirkelscheibe oder Zifferblatt angebracht und in 12 Theile getheilet und mit den 12 Zahlen bezeichnet, so wird ein jeder von diesen 12 Theilen von dem Zeiger in einer Stunde durchgeloffen werden, und also wird man durch ein solches Werk die verflossene Zeit in Stunden finden können.

§. 68.

Wie findet man aber die Anzahl der Räder nebst den Zähnen an den Rädern und Getrieben? Man merke sich, daß man gewöhnlicher Weise nicht mehr als 4 Räder annimmt 1) das Steigrad 2) das grosse

Rad

Rad 3 und 4) 2 mittlere Räder. Nun nehme man:

1) Ein Perpendikel von einer gewissen Länge und Gewichte und zähle, wie viel Schläge es in 1 Minute thut? Man kann auch diese Vibrationen nach verschiedenen darzu berechneten Tafeln finden. Gesetzt es schlage in jeder Sekunde 1mal; Folglich in 1 Minute 60 mal: Man berechne daraus, wie vielmal es in 1 Stunde schlägt, indem man die gefundene Zahl mit 60 multipliciret. In unserm Exempel also 60 mal 60 = 3600 Schläge in 1 Stunde; und endlich wie viel Schläge es in 12 Stunden thun müsse, indem man 3600 durch 12 multiplicirt, so bekommt man 43,200 Schläge.

2) Nun gebe man dem Steigrade eine gefällige Anzahl von Zähnen z. E. 25 und dividire hierdurch die Anzahl von Vibrationen des Perpendikels, so findet man, wie oft das Steigrad in 12 Stunden herum komme?

25 | 43200 | 1728 So vielmal kommt das Steigrad in 12 Stunden herum.

```
25|43200|1728
   25
   ---
   182
   175
   ---
    70
    50
   ---
   200
   200
```

3) Da nun das große Rad 1 mal herum soll, wenn das Steigrad 1728 mal herum kommt, so verfahre man nach den Regeln, die im §. 61. angegeben sind, um die Anzahl von Rädern und der Zähne der Räder und Getriebe zu finden. Nemlich man zerlege 1728 in seine Factoren, und zwar, da nur noch 3 Räder seyn sollen (no. 1. dieses §.), in 3 Factoren auf folgende Art:

```
16|1728|108        9|108|12
   16                 9
   ---               ---
   128                18
   128                18
```

Es sind demnach die Factores:

16. 9. 12.

4) Nun

4) Nun bestimme man für jedes Getriebe eine gewisse Anzahl Zähne. Wir wollen für jedes 5 annehmen und multiplicire durch diese 5 die no. 3. gefundene Factores:

16	9	12
5	5	5
80	45	60

so sind 80. 45. 60. die Anzahl von Zähnen, die die 3 Räder bekommen. Folglich wäre die ganze berechnete Einrichtung diese:

Man nehme ein Perpendikel, das in jeder Sekunde 1mal schlägt. Man gebe

dem Steigrade	—	25	Zähne
dem Getriebe E	—	5	—
dem Kronenrad F	—	60	—
dem Getriebe G	—	5	—
dem Perpend. Rad H		80	—
dem Getriebe I	—	5	—
dem grossen Rade K		45	—

so wird der Zeiger die Stunden weisen.

Anmerkung. 1) Ein jeder wird nach Umständen diese Berechnung verändern können, wenn nur das nemliche Verhältniß beobachtet wird.

 2) Die

2) Die Probe wird nach §. 60. anzustellen seyn.

3) Wie man einen Minutenzeiger und dessen Räderwerk zu berechnen habe, kann nicht schwer seyn, wenn man nur bemerkt, daß dieser alle Stunden 1mal herum kommt.

§. 69.

Wenn man nach vorigem §. die Anzahl von Rädern und Getrieben und ihr Verhältniß gegen einander gefunden hat, so bevestige man (Tab. IV. Fig. 2.)

1) An das Steigrad A eine Rolle B, die den nemlichen Diameter hat, als das Steigrad und wikle eine Schnur C um dieselbe, die über eine Rolle der ersten Art D gehe, um die Richtungslinie zu verändern. An dieser Schnur hänge man eine Waagschaale E und lege nach und nach so vieles Gewicht darein, bis das Perpendikel F, das mit seinen Spindellappen gg ins Steigrad greift und dasselbe bewegt, dadurch in seiner Bewegung erhalten wird. Dieses Gewicht zeigt an, wie viele Kraft erfordert werde, daß das Steigrad das Perpendikel in der Bewegung erhalte.

2) Nun

2) Nun suche man aus dem Verhältnisse aller Räder gegen ihre Wellen, ausgenommen das grosse Rad K, wie groß das Gewicht bey K, oder welches einerley ist, das Gewicht an der Rolle seyn müsse, um mit dem no. 1. gefundenen Gewichte, das Gleichgewicht zu erhalten. Dieses gefundene Gewicht ist dasjenige welches man an der Uhr anhängen muß.

Z. E. man finde nach no. 1, daß das Gewicht welches durch das Steigrad den Perpendikel in Bewegung erhält = sey $1\frac{1}{2}$ Loth. Es sey ferner das Verhältniß

des Steigrades zum Getriebe E = 3 : 1
des Rades F gegen sein Getreibe G = 4 : 1
des Rades H gegen sein Getriebe I = 5 : 1

so wird nach dem 1sten Verhältnisse die Kraft 3 mal, nach dem 2ten Verhältnisse 4 mal, und nach dem 3ten Verhältnisse 5 mal vermehrt; folglich in allem

$$\begin{array}{r} 3 \\ 4 \\ \hline 12 \\ 5 \\ \hline 60 \end{array} \text{ mal.}$$

Die:

Dieses mit $1\frac{1}{2}$ Loth multiplicirt

$$\begin{array}{r} 60 \\ 1\frac{1}{2} \\ \hline \end{array}$$

gibt 90 Loth = 2 ℔. 26 Loth.

Dieses ist das Gewicht, welches an der Rolle L anzuhängen ist.

Anmerkung 1) Die ganze Berechnung stützet sich auf §. 57. und nach diesem ist auch die Probe wieder anzustellen. Man wird alsdenn finden, daß 2 Pfund 26 Loth Gewicht vermöge eines solchen Räderwerks gegen das Perpendikel nicht mehr als $1\frac{1}{2}$ Loth Gewalt äussern kann.

2) Was von allen Maschinen gilt, gilt auch hier: Daß man wegen des Reibens der Zähne in einander, ein noch um etwas vergrössertes Gewicht nehmen müsse.

§. 70.

Wir kommen itzt zu einer gleichfals sehr nutzbaren Maschine, die man hauptsächlich gebraucht, Waaren aus Schiffen zu bringen, oder in der Baukunst Steine und andere schwere Sachen auf ein Gebäude zu schaffen, aber auch zu irgend einer andern Sache, die man in die Höhe heben will, gebrauchet werden kann. Diese Maschine hat wegen ihres hervorstehenden langen Schnabels den Namen **Kranich** oder **Krahn** bekommen und hat

hat auch eine grosse Gewalt. Wir wollen auch hier 1) ihre ganze Einrichtung beschreiben 2) wie sie auszurechnen sey, lehren.

§. 71.

Es läßt sich ein solcher Krahn auf mancherley Art angeben, da man bald große Räder nimmt, worinnen Menschen herumgehen, und dadurch die Bewegung hervorbringen; bald verschiedene Rollen und Flaschenzüge mit einander verbindet, bald aus Kurbel, Räderwerk und Scheiben sie verfertigt. Ich will die letzte Art hier zum Muster nehmen. Denn unsere gewöhnlichen Krahne, die wir beym Bauen gebrauchen, sind bald berechnet. Wer mehrere Arten kennen lernen will, schlage des Leupolds seinen Schauplatz der Hebezeuge nach. Die Beschreibung desjenigen, den ich hier anführen will ist folgende. (Tab. IV. Fig. 3.) Man nimmt ein kleines Rad A, welches sich durch eine Kurbel B bewegen läßt. Dieses Rad greift in ein Stirnrad C, welches einen viel größern Radium hat und um dessen dünnen Welle D ein Seil gewunden ist, welches un-

ter einem weit hervorstehendem Schnabel F weg und über eine Rolle der ersten Art G geleitet wird, von da unter der Rolle H, die von der 2ten Art ist, fortgezogen und endlich am Ende des Schnabels an einem Haken I bevestigt wird. Der Schnabel ist deswegen angeordnet, daß, wenn die Maschine am Ufer stehet, man die Waaren aus den Schiffen heraus winden kann. Diese Maschine wird in ein Gehäuse gebracht, welches auf einen Pfosten oder Saule K so ruhet, daß es durch die hervorgehende Stange L ganz herum gedrehet werden kann. Sie ist deswegen so beweglich gemacht, damit man, wenn die Waaren in die Höhe gezogen sind, durch das Herumdrehen der ganzen Maschine sie sogleich auf dem Lande hat. So werden öfters ganze bepakte Güterwägen in Schiffe hineingebracht oder aus Schiffen herausgewunden.

§. 72.

Die Berechnung dieser Maschine ist auch nicht mit vieler Beschwerlichkeit verbunden.

Man nehme die Länge des Radii von dem Cirkel, den die Kurbel beschreibt für 3′ an

und

und den Radium des kleinen Rades für $\frac{1}{2}'$; so wird die Kraft dadurch 6 mal vermehrt. Es sey der Radius des grossen Rades 4' und der Welle $\frac{1}{2}$; so wird die Kraft dadurch wieder 8 mal vermehret: Folglich zusammen 48 mal. Die Scheibe G. als eine obere Rolle vermehret die Kraft nicht. Aber die untere Rolle H vermehret die Kraft wieder 2 mal. Es ist also die ganze Kraft 96 mal verstärket worden. Es kann also 1 Mann so viel ausrichten als sonst 96 Männer.

Anmerkung. Mit leichter Mühe wird ein jeder diese Maschine noch zu verstärken und auf mancherley Art zu verändern wissen. Nur sehe man allemal mit auf die Zeit, die durch die Vermehrung verlohren geht.

§. 73.

Endlich folgen noch eine und andere Gedanken von den Mühlen. Diese sind aus verschiedenen Räderwerken zusammengesetzte Maschinen. Sie unterscheiden sich von dem Krahn hauptsächlich darinn, daß durch diese nur eine Last in die Höhe gehoben werden soll, durch jene aber jederzeit gewisse Materialien zubereitet werden. So machet man

durch sie aus Korn Mehl; so erhält man durch sie aus allerley Saamen ein Oel; so polirt man Spiegel; so sägt man Bretter u. s. w. Die Mühlen werden auf eine verschiedene Art eingetheilet 1) in Ansehung der Kräfte, die sie treiben. Daher entstehen Wassermühlen, Windmühlen, Thiermühlen. 2) In Ansehung der Absicht, die man durch sie erreichen will. Daher haben wir die Mehlmühlen, Schrottmühlen, Bohrmühlen, Oelmühlen, Pulvermühlen, Sägemühlen, Schleifmühlen, Poliermühlen, Walkmühlen, u. s. w. Ganze Bücher gehören dazu, hinlängliche Nachricht von allen diesen zu geben. Doch sollen bey den Vorlesungen Zeichnungen von allen diesen Arten vorgezeiget werden. Hier müssen wir uns begnügen, eine allgemeine Einrichtung und zwar insbesondere von den uns am nützlichsten Kornmühlen zu ertheilen, die auf unzählige Art nach Verschiedenheit der Umstände können abgeändert werden, in Ansehung des wesentlichen aber immer die nemlichen bleiben.

§. 74.

Die Construction einer solchen Kornmühle läßt sich folgendermassen begreifen: (Tab. II. Fig. 6.)

Zuerst ist eine Horizontalwelle AB; an derselben wird eine gewisse Kraft angebracht z. E. hier die Kraft des Wassers welches auf das Wasserrad GH würkt. 2) ein Kammrad CD oder Stirnrad welches perpendiculair lauft, ist an der nemlichen Welle. Ist es ein Kammrad CD so greift dieses unmittelbar in einen Trilling E und treibt denselben horizontal herum. An dem eisernen perpendiculairen Wellbaum dieses Trillings ist oben der eine Mühlstein F bevestigt, der durch diese Welle auf dem untern, der unbeweglich ist, herumgetrieben wird, und zwischen welchen das Korn gegossen und zermalmet wird: Ist aber ein Stirnrad an der Hauptwelle bevestigt, so greift dieses auf beyden Seiten in einen Trilling und treibt dieselben perpendiculair herum. (Tab. III. Fig. 1.) An der horizontalen Welle eines jeden Trillings ist ein perpendiculair laufendes Kammrad bevestigt. Diese Kamm-

räder treiben nun wieder ein jedes einen horizontalen Trilling herum, an dessen Axe der obere Mühlstein sich befindet. Dieser letzten Einrichtung bedient man sich aus 2 Absichten: 1) eine geschwindere Bewegung 2) auch mehrere Gänge dadurch zu erhalten.

Anmerkung. Der obere Mühlstein, der an der Trillingsaxe bevestigt ist, heisset der Laufer. Der untere aber gemeiniglich der Bodenstein. Diese beyden berühren sich nicht völlig, sondern stehen ungefehr um $\frac{2}{3}$ oder $\frac{3}{4}$ der Dicke eines Korns von einander. Doch kann diese Weite von den Müllern, je nachdem man das Mehl fein oder grob haben will, abgeändert werden. Die gemeinen Mühlsteine haben 5 — 6 Schuh im Diameter und sind 1 bis $1\frac{1}{2}$ Schuh dick. Man kann sie sehr lange Zeit, oft einige 30 Jahre, gebrauchen. Doch nutzen sie sich ab und müssen aufs neue geschärft oder gepikt werden. Wenn sie als Laufer nicht mehr stark genug sind, so nimmt man sie zu Bodensteinen.

§. 75.

Bey der Berechnung der Mühlen kommen 2 Stücke vor: 1) wie oft soll sich der obere Mühlstein herumbewegen, wenn das Rad, woran die Kraft bevestigt ist, z. E. das Wasserrad, sich einmal herumbewegt; und wie muß alsdenn die Einrichtung der Mühle seyn? 2) Wie groß muß die Kraft seyn, die

die man anzuwenden hat, um die Last zu überwältigen?

In Ansehung des ersten Punkts glauben verschiedene Männer, daß es genug sey, wenn sich der obere Mühlstein 10 mal herum bewege, indem sich das Hauptrad 1 mal herum bewegt. Viele aber sind mit gutem Rechte nicht allerdings damit zufrieden, sondern bestimmen 12 biß 14 Umlaufe für den Mühlstein uud 1 für das Hauptrad. Genug, so viel erkennet man, daß es leicht seyn werde, wenn man uns die Anzahl der Umlaufe des Mühlsteins gegeben hat, das Verhältniß der Räder darzu zu bestimmen. Der Umlauf des Mühlsteins hängt von dem Umlaufe des Trillings ab. Denn beyde gehen gleich vielmal herum. Die Umlaufe des Trillings werden durch das Kammrad bestimmt. So vielmal die Stöcke des Trillings in den Zähnen des Kammrades enthalten sind, so vielmal mehr gehet der Trilling herum als das Kammrad; und da dieses mit dem Hauptrade an einer Welle ist, auch so vielmal mehr als das Wasserrad. Soll folglich der Mühlstein 14 mal herumlaufen, wenn das

Was-

Wasserrad 1 mal, so gebe man dem Kammrade 70 Zähne und dem Trilling 5 Stücke denn 5 ist in 70 14 mal enthalten. Sollte aber bey einem Vorgelege der Stein 42 mal herumgehen, wenn das Hauptrad 1 mal, so kann man dem Stirnrade 56 Zähne, dem ersten Getriebe oder Trilling 8 dem Kammrade 36 Kämme und dem 2ten Trilling 6 Stöcke geben. Dieses wäre hinlänglich zur Berechnung des Mühlwerks in Ansehung der Geschwindigkeit der Mühlsteine.

Die Berechnung der Last und Kraft ist das allerschwerste bey dem ganzen Mühlenbau und die geschiktesten Männer haben nach dem Zeugnisse des Belidors in seiner Wasserbaukunst es darinn noch zu keiner Vollkommenheit bringen können. Dieses wird keinem, der das vorhergehende verstanden hat, schwer fallen, die Last zu finden, wenn das Räderwerk und die Kraft gegeben ist, und umgekehrt (§. 57.) Auch würde ein jeder, wenn man Last und Kraft ihm gäbe, das Räderwerk darzu bestimmen (§. 58.) Aber das ist der Knoten: die eigentliche Kraft vestzusetzen, da selten Gewichte, sondern die allermehrste

Zeit,

Zeit Wasser, Luft und Thiere die Kräfte sind: Imgleichen die wahre Last auszumachen, die zu überwältigen ist: Denn die ganze Last ist 1) der Mühlstein 2) der Widerstand des Korns 3) das Gewicht der Axe des Trillings oder des Mühleisens nebst dem Trilling selbst 4) die entsetzlichen Hindernisse von den mancherley Friktionen.

Diese Berechnungen sind zu weitläuftig und vielleicht auch zu hoch für diejenigen, welchen dieses Buch gewidmet ist. Es mag genug seyn, die Hindernisse bey dieser Berechnung angezeigt zu haben. Wer gründliche Einsichten in diese Sache begehrt, dem empfehle ich das schätzbare Werk des Belidors von der Wasserbaukunst und Leupolds und Bayers Schauplatz der Maschinen. Diese Bücher werden gewiß eines jeden Begierde sättigen können.

§. 76.

Nach der mir im §. 52. selbst gemachten Ordnung muß ich itzund ein und anderes von den Kräften, wodurch die Maschinen in Bewegung zu setzen sind, ausführen. Es wird

wird das nothwendigste in der Beantwortung dieser 3 Fragen enthalten seyn:

1) Welches sind die Kräfte, die man zur Bewegung der Maschinen gebraucht?

2) Wie groß ist ihr Vermögen und wie wendet man dasselbe am besten an?

3) Welche von diesen Kräften sind die nutzbarsten und folglich andern vorzuziehen?

Alle Dinge, die würkende Ursachen von der Bewegung der Maschinen sind, heissen Kräfte (§. 2.). Sie müssen also nothwendig ein gewisses Vermögen besitzen, wodurch sie die Bewegung verursachen. Können sie dieses Vermögen durch sich selbst würksam machen, so heissen sie lebendige Kräfte; Muß es aber erst von aussen würksam gemacht werden, so sind es leblose. Die lebendigen Kräfte sind überhaupt Thiere; Es mögen nun Menschen oder Vieh: als, Pferde, Ochsen u. s. w. seyn. Die leblosen sind Wind, Feuer, Wasser, Gewichte, Federn.

Anmerkung. Diese Beschreibung und Eintheilung der Kräfte in lebendige und leblose ist nicht mit der, da sie im §. 9. in lebendige und todte eingetheilet worden sind, zu verwechseln.

§. 76.

§. 77.

Die lebendigen Kräfte können auf eine zwiefache Art würken: 1) durch die innere Kraft ihrer Muskeln, wenn ein Mensch z. E. mit freyer Hand und ausgestrektem Arme eine Maschine in Bewegung setzet. 2) Indem mit dieser Kraft der Muskeln auch die Schwere des Körpers zugleich verbunden wird: Wie z. E. bey den Maschinen, wo Thiere in ein grosses Rad gestellet werden, welches sie durchs Treten bewegen sollen. Hier würkt so wohl ihre eigene Schwere als auch die Kraft ihrer Muskeln. Daher sind verschiedene Arten von Würkungen lebendiger Kräfte denkbar. Sie können die Bewegung einer Maschine verursachen 1) durchs Ziehen 2) durchs Niederdrücken 3) durchs durchs Schieben 4) durchs Stossen 5) durchs Treten 6) durchs Herumdrehen u. s. w.

Die leblosen Kräfte würken mehrentheils durch eine stossende Bewegung. Der Wind setzt eine Maschine in Bewegung, indem er eine breite Fläche, die seinem Strome entgegen gesetzt wird, vor sich her treibet. Das

Feuer würkt eigentlich nur in so fern, in wie fern durch dasselbe die Luft ausgedehnt und folglich dadurch eine fortfliessende Bewegung in derselben nemlich ein Wind verursachet wird. Das Wasser zeigt sich als eine Kraft, theils allein durch den Druck seiner Schwere, theils durch eine von seinem Herunterfallen verursachte stossende Bewegung gegen eine ihm entgegengesetzte Fläche. Die Federn würken durch ihre ausdehnende Kraft. Die Gewichte wie alle schwere Körper, indem sie, wenn sie nicht unterstützet sind, sich durch ihre Schwere gegen den Mittelpunkt der Erde bewegen.

§. 78.

Wie groß ist aber das Vermögen dieser Kräfte? und wie kann man derselben am besten zu seinem Endzwecke sich bedienen?

Dieses sind die wichtigen Untersuchungen in der Mechanik, deren Beantwortung aber für die ersten Anfangsgründe theils zu weitläuftig theils zu schwer ist. Es wird auch eigentlich davon in ganz besondern Wissen-

schaf-

schaften, als in der Physik, Aerometrie, Hydrostatik, Hydraulik und Pyrobolik gehandelt. Ich will aber dennoch einige mechanische Erfahrungen angeben, nach welchen man sich nicht ohne Nutzen zu richten pfleget. Was 1) die Thiere anbetrift so nimmt man an, daß ein Thier so viel tragen könne als es selbst schwer ist. Folglich ein ausgewachsener Mensch ohngefehr $1\frac{1}{2}$ — 2 Centner. Ein Pferd und Ochse aber 8 bis 12 Centner. Man erkennet aber von selbst daß dieses unmöglich mit einer Gewißheit bestimmt werden könne. Die Umstände der Gesundheit, der Nahrung, des Landes, der Gewohnheit machen hier beträchtliche Ausnahmen. Es ist auch wohl zu überlegen, ob die Anwendung der Kraft von langer Dauer seyn soll oder nur auf eine kurze Zeit. Wenn Thiere die Bewegung viele Stunden fortsetzen sollen, so darf man bey weitem nicht nach dem oben angegebenem Maaßstabe ihre Kräfte ausmessen. Man rechnet alsdenn auf einem Menschen kaum 20 — 30 ℔. und für ein Pferd oder Ochsen 5 bis 6 Centner. Die bequeme oder unbequeme Stellung nach

welcher ein Thier seine Kraft anwenden soll, ermüdet dasselbe und ist ein Hinderniß seine ganze Kraft zu gebrauchen. Je nachdem es also vortheilhafter würken kann, um desto grössere Kraft ist demselben zuzueignen. Würkt endlich ein Thier durch die Anstrengung der Kräfte seiner Muskeln und zugleich durch seine Schwere, so wird nothwendig eine grössere Kraft ihm beyzulegen seyn.

Hieraus fliessen beym Gebrauche lebendiger Kräfte bey Maschinen folgende Regeln.

1) Man richte es, wo möglich, so ein, daß man starke, gesunde, der Arbeit gewohnte und eine gute Nahrung habende Thiere, anstelle:

2) Man lasse sie nicht gar zu lange in einem Fortarbeiten:

3) Man gebe die Maschinen so an, das sie durch ihre innere Kraft und durch ihre Schwere zugleich würken können.

4) Man sehe ja darauf, daß man ihnen eine natürliche und bequeme Stellung an der Maschine gebe.

§. 79.

§. 79.

Bey der Berechnung und dem vortheilhaftem Gebrauche lebloser Kräfte kommt uns zuerst der Wind vor.

Die Aerometrie lehrt uns ein Instrument oder Maschine verfertigen, wodurch wir die Stärke des Windes bestimmen können. Man heißt es eine Windwaage. Man lese davon Leupolds *Theatr. Aerostatic. cap. X.* Die Hauptberechnung hält dieses in sich, daß man die Masse der Luft durch ihre Geschwindigkeit multiplicire. Das Factum gibt die Gewalt der Luft oder des Windes. Z. E. wenn das Gewicht der Masse der Luft = 120 ℔. wäre und die Geschwindigkeit = 6 so wäre die Gewalt des Windes = 720 ℔. Die Größe der Masse wird durch die Fläche bestimmt, gegen welche der Wind würkt und durch die Dichtigkeit und Höhe der Luftsäule oder durch die Schwere derselben. Die Geschwindigkeit aber wird aus dem Raume beurtheilet, den er in einer gewissen Zeit, z. E. in 1 Sekunde zurücklegt. Folglich je schneller sich der Wind bewegt und je grösser die Oberfläche ist, gegen welche er würket,

desto grösser ist seine Kraft. Diese Oberfläche, wogegen die Kraft des Windes gerichtet werden soll, heissen Windflügel. Gewöhnlicher Weise pflegt man derselben 4 an einer Maschine anzubringen. Sie bestehen aus 2 langen Bäumen, die durch verschiedene Querhölzer in Fächer abgetheilet sind, die man mit leichtem Bretterwerk oder mit Seegeltuch zuschliesset. Die ordentliche Länge eines solchen Windflügels ist 30′. Am äussersten Ende sind sie 6′ nnd gegen die Welle, an welcher sie bevestigt sind, $4\frac{1}{2}$′ breit. Dem Kammrade gibt man alsdenn 72 Zähne, dem Trilling 9 Stöcke und dem Mühlstein 5′ zum Diameter: So wird eine gewöhnliche Bewegung der Luft diese Mühle zu treiben Kräfte genug haben. Die Aerometric beweiset aus Gründen der Dynamik, daß wenn die Luft einen Körper umdrehen soll, dieselbe nicht perpendiculair sondern schief gegen denselben würken müsse. Imgleichen lehrt die Erfahrung, daß der Wind bald stärker bald schwächer sey und daß er bald aus dieser bald aus jener Gegend blase. Aus allem diesen fliessen folgende Regeln

beym Gebrauche des Windes bey einer Maschine:

1) Man richte die Maschine so ein, daß der Wind die Windflügel herumdrehen könne. Folglich setze man sie schief dem Winde entgegen.

2) Man verfertige die Flügel so, daß man so wohl bey starkem als schwachem Winde die Maschine gebrauchen könne. Dieses geschiehet, indem man die Flügel so einrichtet, daß durch das Seegeltuch oder durch die Bretter bald alle Fächer, bald nur einige zugeschlossen sind, so wird dadurch die Oberfläche, die man dem Winde entgegen setzet, bald größer bald kleiner seyn. Denn durch offene Fächer bläßt der Wind hindurch.

3) Man mache, daß man den Wind von allen Gegenden her nutzen kann; Sonst wird die Maschine gar zu oft stille stehen müssen. Diesen Vortheil erhält man, wenn man nach Erforderniß der Umstände entweder die ganze Maschine herumdrehen kann oder nur die Welle,

worann die Windflügel sind. Dieses geschiehet indem man das ganze Dach beweglich macht. Diese letzte Einrichtung ist bey den holländischen Windmühlen die erste bey den teutschen oder so genannten Blockmühlen.

Anmerkung. Die Untersuchung von dem Gebrauche des Feuers übergehe ich, theils weil sich das mehrste dabey aus dem, was von dem Winde gesagt worden ist, begreifen läßt, theils, weil man sich der Kraft des Feuers gar selten und etwa nur zu einigen Bergwerksmaschinen in einigen Ländern oder zu Bratenwändern bedienet. Wovon beym Leupold, Böckler und andern Zeichnungen zu sehen sind, imgleichen beym Papino, Savery, Amonton weitere Nachricht zu erhalten ist.

§. 80.

Ich komme itzt zum Wasser, dieser so nutzbaren gewaltigen und beständigen Kraft. Seine ganze Stärke erhält es durch die Schwere seiner Masse und durch die Schnelligkeit, mit welcher es sich bewegt. Das erste findet man, wenn man dasjenige Wasser, welches auf einmal auf eine Maschine fällt, auf Cubikschuhe oder Cubikzölle bringt und nun untersucht, wie viel 1 Cubikschuh Wasser

ser wiegt und alsdenn durch dieses Gewicht des; Cubikschuhs die gefundene Anzahl von Cubikschuhen multiplicirt. Man findet vollkommen ausgerechnete Tabellen nach cylindrischen und prismatischen Röhren, wie viel eine Menge Wasser von einer bestimmten Höhe und Grundfläche Gewicht habe, beym Leupold in seinem *Theatr. machin. gener. cap. XX.* und beym Belidor in seiner Wasserbaukunst im *I.* B. *III.* Cap. und man hat also in diesem Stücke schon eine gute Erleichterung.

Die Schnelligkeit des Wassers, als das andere Stück, woraus seine Gewalt bestimmt wird, hängt von der Höhe ab, von welcher es herunter fällt. Es hat das Wasser dieses mit allen schweren Körpern gemein, daß es, je tiefer es fällt, desto schneller sich bewegt. Wie die Schnelligkeit des Wassers zu bestimmen, und wie daraus die Kraft desselben herzuleiten sey, hat Leupold am angezogenen Orte schön und weitläuftig ausgeführet. Man kann auch darüber nachlesen Belidor in seiner Wasserbaukunst am obbemeldten Orte.

Die wahre Höhe, von welcher das Wasser von einem bestimmten Orte A biß zu einem anderen B herunter fällt, finden, heißt nichts anders als bestimmen, um wie viel der Ort A weiter von der Horizontallinie entfernt ist als B. Es heißt dieses der Fall des Wassers oder das Gefälle. Dieses Gefälle des Wassers finden heißt Wasserwägen. Und das Instrument, wodurch man es findet, eine Wasserwaage. Es würde hier der Ort seyn, die Kunst, wie man Wasserwägen soll, zu lehren, und ich würde natürlicher Weise eine Abhandlung davon hier hersetzen müssen, wenn nicht diejenigen, für welche ich eigentlich schreibe, es schon aus des seeligen Herrn Kirchenrath Malers Geometrie und dessen 18tem Capitel hinlänglich genug erlernet hätten. Denjenigen aber, die etwa diese Blätter durchlesen mögten und welche dieses angeführte Buch nicht bey der Hand hätten, will ich ausser den Wolfischen Anfangsgründen, Bions mathematische Werkschule, ingleichen Sturms aufrichtige Entdeckung des höchstnützlichen

chen Nivilirens und des *de la Febüre* Traktat vom Wasserwägen hiermit empfehlen.

Aus dem, was bisher gesagt worden ist, erhellet, daß je höher der Fall des Wassers ist, und je mehr von demselben auf einmahl auf die Schaufeln eines Rades fällt, desto grösser seine Stärke oder Gewalt sey. Wenn das Wasser von oben her auf ein Rad fällt, so nennet man dasselbe ein Oberschlächtiges; Wenn aber das Rad von unten zu durch den Stoß eines Wassers bewegt wird, so heißt es ein Unterschlächtiges. Wenn ein Wasser oben auf das Rad aufschlägt, und doch das Wasser hinter dem Rade gleich wegfliessen soll, damit es die Bewegung des Rades nicht hindere, so ist nothwendig, daß ein großes Gefälle bey einem solchen Rade seyn müsse. Da aber das Wasser lange im Rade bleibt und durch seine Schwere drückt, so kann man mit geringer Masse sich behelfen. Bey unterschlächtigen Rädern ist kein großes Gefälle nöthig; aber da das Wasser allein durch den Stoß würkt, muß man eine grössere Masse haben.

Hier-

Hieraus entspringen folgende Regeln:

1) Ist wenig Wasser und wenig Gefälle, so richte man die Maschine so ein, daß die wenige Kraft durch die Maschine verstärkt werde. Man mache folglich ein hohes Rad.

2) Ist das Gefälle groß und der Wasserstand klein, so mache man ein oberschlächtig Rad an seiner Maschine.

3) Ist aber das Gefälle klein und der Wasserstand groß, so nehme man ein unterschlächtiges Wasserrad.

§. 81.

Ein Gewicht ist eine Kraft, die so groß ist, als die Schwere des Körpers, den man zum Gewichte gebraucht. Wiegt das Gewicht 70 ℔. so ist seine eigenthümliche Kraft auch 70 ℔. Sie wird sich aber alsdenn nur als eine Kraft von 70 ℔. zeigen können, wenn das Gewicht an die Maschine unter einem rechten Winkel angehängt ist. Die Art und Weise eine Maschine durch ein Gewicht in Bewegung zu setzen ist diese: Man wickelt um eine Welle ein Seil

und bevestigt an dessen Ende ein Gewicht, welches so schwer ist als die durch die Rechnung gefundene Kraft. An dieser Welle ist nun, wie an andern Maschinen, ein Stirn- oder Kammrad wodurch denn die ganze Maschine in Bewegung gesetzet wird. Bey dem Gebrauche dieser Gewichte muß man auf nachfolgendes Acht haben:

1) Indem das Gewicht die Welle herumdrehet, so wickelt sich das Seil ab, und das Gewicht steigt nach und nach hinunter. Wenn das Gewicht auf dem Boden aufstoßt, so hört seine Kraft auf und die Maschine steht stille. Hieraus folgt:

1) Daß je tiefer das Gewicht hinunter steigen kann, desto länge wird die Maschine gehen.

2) Je langsamer sich das Gewicht hinunter bewegt, desto länger geht die Maschine. Man pflegt daher zuweilen das Gewicht an der Maschine durch einen Flaschenzug, der z. E. 3 Rollen in der untern und 3 in der obern Flasche hat zu appliciren, so wird dadurch die Bewegung des Gewichts langsamer gemacht.

macht. Wenn demnach der Strick sich von der Welle 6′ abgewickelt hat, so ist das Gewicht erst 1′ hinunter gestiegen.

2) Wenn das Gewicht hinunter gehen soll, so muß das Seil lang seyn. Ist es nun verschiedentlich um die Welle übereinandergewickelt, so bemerke man, daß je mehr es sich abwickelt desto geringer die Entfernung und folglich das Vermögen werde. Doch wird etwas weniges durch das abgewickelte Seil oder Kette, die itzund auch als eine Kraft zu betrachten ist, ersetzet.

3) Ist das Gewicht abgelaufen und es soll die Maschine von neuem bewegen, so muß dasselbe nothwendig wieder aufgezogen oder aufgewunden werden.

Hieraus folgt: da bey grossen Maschinen eine grosse Kraft erfordert wird und also schwere Gewichte angehänget werden müssen, daß man auf eine beschwerliche Weise das Gewicht wieder aufwinden müsse, und daß also Leupold mit Recht die vom Böckler in seinem Theatr. mach. angegebenen Gewichtmühlen verwerfe.

Bey Uhren aber, wo man keine große Gewichte in die Höhe zu heben hat, und wo das Gewicht 24 und mehrere Stunden laufen kann, ehe es auf den Boden kommt, sind Gewichte wohl zu gebrauchen. Auch können sie wohl gebraucht werden, eine andere Kraft zu verstärken. Sie haben überhaupt den Vortheil, daß sie eine gleichförmige Bewegung machen, insonderheit wenn das Seil nur neben einander um die Welle gewickelt ist.

§. 82.

Einige Maschinen werden auch vortheilhaft durch Federn in Bewegung gesetzt; wie z. E. unsere Taschenuhren. Eine Feder ist gewöhnlicher Weise ein in der Runde übereinander gewickeltes Stahlplättchen. Da dieser Stahl, wie verschiedene andere Materien, einen starken Trieb besitzt, wenn er zusammengedrückt worden ist, sich wieder auszudehnen, so entstehet daher die Kraft der Feder. Diese Kraft wird vermehret durch die Dicke und durch die Breite der Feder. Doch macht man sie, wenn man eine starke Würkung von ihnen

haben

haben will, lieber breit als dick, weil sie im letzten Falle nicht wohl zu härten sind. Eine Feder hat eine desto grössere Kraft jemehr sie angezogen ist. Folglich haben die Uhrfedern, wenn die Uhren erst aufgezogen sind, die größte Kraft. Sie werden aber nach und nach schwächer. Es würde daher beym Gebrauche derselben eine grosse Unbequemlichkeit entstehen. Insonderheit wenn gleichförmige Bewegungen, durch sie sollten bewürkt werden, wie eben bey Uhren. Diesem Uebel abzuhelfen muß man wie schon §. 29. gelehrt worden ist, die Kette, welche von der Feder angezogen wird, nicht über eine Walze, sondern über eine kegelförmige Welle laufen lassen, so, daß die Feder im Anfange, da ihre Kraft stark ist, eine kleine Entfernung habe, und so wie ihre Kraft nach und nach schwächer wird, eine größere Entfernung bekomme und folglich dadurch die Abnahme der Kraft ersetzt werde. Wie die Welle und Feder zu verfertigen und anzubringen sey, lehrt Leupold im *XII. Cap.* seines *Theatr. mach. gener.*

§. 83.

§. 83.

Wir haben in den vorigen §§. verschiedene Kräfte, die wir zur Bewegung der Maschinen brauchen können, kennen gelernet. Sollten wir wohl lange Bedenken tragen können, welcher wir den Vorzug vor andern geben sollten? Folgende Stücke sind die rechten Kennzeichen einer guten Kraft:

1) Wenn sie beständig dauerhaft ist.

2) Wenn sie stark ist.

3) Wenn sie wohlfeil oder nicht kostbar ist.

Federn sind nicht stark und beständig und folglich auch nicht wolfeil. Sie können also nur zu wenigen Maschinen gebraucht werden. Das Feuer, wenn auch sonst nichts an demselben auszusetzen wäre, ist wegen seines Unterhalts an Holz und Kohlen an jedem Orte etwas kostbares und in einigen Gegenden wegen Mangel an demselben gar nicht brauchbar. Gewichte sind zwar stark, und was die Materie betrift auch wohlfeil genug; denn man kann ja nur grobe Steine darzu nehmen; Allein mit wie vieler Beschwerlichkeit müssen sie wieder aufgezogen

werden, wodurch sie in der That bey grossen Maschinen kostbar würden. Auch sind sie nicht vollkommen als eine beständige Kraft zu betrachten, weil so oft sie abgelaufen sind, die Maschine stille stehet. Die Eigenschaft der Stärke fehlt Menschen und Thieren nicht, auch könnte man denselben in so fern die Beständigkeit beylegen, in wiefern man genug hat, sie abwechseln zu lassen. Allein eben dadurch würde diese Art von Kräften ungemein kostbar werden. Was kostet es nicht, die Thiere anzukaufen? Und wie stehet es endlich um die Dauer derselben? Wo man also Thiere vermeiden kann, so ist es rathsam. Was ist vom Winde zu halten? Stark genug ist er die mehrste Zeit. Ja nur öfters zu stark. Er ist gewiß auch wohlfeil. Nur hat er diesen Fehler daß er keine beständige Kraft ist. Oft ist er so schwach, daß die Maschine mit Mühe bewegt wird. Oft ist gar kein Wind. Das Wasser hat auch diesen Fehler nicht. Es ist stark, wohlfeil und beständig. Es sey denn, daß man die seltnen Fälle mit in Anschlag bringen wollte, wo die Kälte das Wasser in Eis ver-

wandelt. Allein wo ist etwas ganz vollkommenes in der Welt. Wir wollen denn unter den Unvollkommenen dem am wenigsten Unvollkommenen den Vorzug geben. Wasser und Wind sind demnach die Hauptkräfte, die man, wenn es möglich ist, bey Maschinen anzubringen suchen muß. Das Wasser behauptet mit Recht den ersten Rang.

§. 84.

Ich muß nun von der Friktion, diesem so gewaltigen Räuber der mechanischen Kräfte nach dem im §. 52. gegebenen Versprechen etwas weitläuftiger handeln. Wir wollen diese Ordnung wählen, daß wir:

1) Den Begriff derselben vestsetzen:
2) Die Gesetze derselben und ihre Größe nach verschiedenen Fällen bestimmen:
3) Einige Mittel angeben, wodurch so viel als möglich, diese Reibung könne entkräftet werden.

Ich werde mich hierbey der Versuche, und Erfahrungen eines Leibnitzens a), Beli-

a) In Miscellan. Berolinens. p. 307.

dors b), Amontons c), Muschenbröcks d), Leupolds e), *de la Hire* f), Eberhardts g), bedienen, und in dieser wichtigen Sache diese große Männer meine Führer seyn lassen. Die Reibung oder Friktion ist nichts anders, als derjenige Widerstand zwoer Flächen, die übereinander bewegt werden, dessen Ursache die hervorragenden Theile dieser Flächen sind. Da nun theils das blosse Auge, theils die Vergrösserungsglässer, auch bey den am mehrsten polirten Flächen, diese Unebenheiten finden, so folget, daß auch bey allen diesen Flächen Reibungen vorgehen müssen. Und da dieser Widerstand einen Theil der Kraft zu nichte macht, so ist gar kein Wunder, wenn diejenige Kraft, die man, ohne auf diese Reibung zu sehen, für eine Maschine berechnet hatte, in der Ausübung ihre vermuthete Würkung nicht thut. Es ist aber auch

b) In seiner Archit. Hydr. I. B. II. Cap.
c) In den Abhandlungen der Akadem. der Wissenschaften zu Paris vom Jahr 1699.
d) In seinen Grundlehren der Naturwissenschaft im IX. Hauptstück.
e) Im Theatr. Mach. gener. Cap. XVI.
f) In seinen Memoires de Mathem. et Phys.
g) In seinen Zusätzen zur angew. Math.

auch eben deswegen nothwendiger, gewisse Regeln zu wissen, nach welchen man die Größe der Friktion bestimmen könne.

§. 85.

Alle Flächen haben zwar eine Friktion (§. 84.) aber unmöglich wird sie bey allen Flächen und unter allen Umständen gleich stark seyn. Um die Größe derselben überhaupt zu bestimmen muß man auf folgende Stücke sehen:

1) Auf die Materie der Flächen.
2) Auf die Rauhigkeit derselben.
3) Auf die Figur, Tiefe und Höhe welche die rauhen Theile haben.
4) Auf die Last die die Fläche an einander drückt.
5) Auf die Richtungslinie der Bewegung.
6) Auf die Geschwindigkeit, mit welcher sie bewegt werden.

Es lassen sich daraus folgende Gesetze der Reibung leicht begreifen.

1) Je härter die Materie, desto glätter läßt sich dieselbe arbeiten. Folglich desto weniger Friktion hat sie.

2) Je rauher und unebener die Flächen sind, desto größer ist die Friktion.

3) Je spitziger, tiefer und höher die rauhen Theile der Fläche sind, desto größer ist die Friktion.

4) Je schwerer die Last ist, die auf eine Fläche drückt, desto größer ist die Reibung.

5) Je näher die Richtungslinie der Bewegung gegen die Fläche, dem Perpendikel kommen, desto größer ist die Reibung; diese gehet so weit, daß auch öfters die Zähne an den Rädern zerbrechen.

6) Je geschwinder die Bewegung bey den Flächen seyn soll, desto größer ist die Friktion.

7) Je mehr von allen diesen Dingen bey einander zugleich da sind, desto stärker ist die Friktion.

§. 86.

Wir treten itzund der Sache näher, um zu sehen, ob man nicht einige mehr bestimmte Regeln

Regeln von der Größe der Friktion geben könne? Die größten Männer haben sich in dieser Sache Mühe gegeben, viele Versuche angestellet und am Ende dennoch keine gewisse Regel entdekt. Man siehet aber auch aus dem vorigen §. daß es fast unmöglich seyn wird. Nach wie vielen Umständen wächßt die Größe der Reibung? Und wo sollten wohl 2 Maschinen auf der Welt seyn, bey welchen die nemlichen Umstände in Ansehung der Beschaffenheit der Materialien, der Politur, der Lage, der Schwere u. s. w. sich befinden sollten? Diejenigen Gesetze, die in der Praxi am mehrsten eintreffen, sind folgende:

1) Flächen aus einer Materie reiben sich am stärksten z. E. Eichenholz mit Eichenholz; Eisen mit Eisen oder Stahl mit Stahl.

2) Flächen reiben sich mit Flächen nach Verschiedenheit der Materie, woraus sie gemacht sind, bald mehr bald weniger. Z. E. Buchenholz mehr mit Fichtenem als mit Eichenholz. Stahl mehr mit Kupfer und Bley als mit Meßing.

3) Kammräder haben eine stärkere Reibung als Stirnräder.

4) Wenn ein Stirnrad in ein anderes Stirnrad eingreift, so ist die Reibung stärker als wenn es in einen Trilling eingreift.

5) Ein Rad das viele Zähne hat, gibt weniger Friktion als eines welches wenige Zähne hat.

6) Wenn ein Rad mit wenig Zähnen in ein Rad greift welches viele Zähne hat, so ist die Reibung nicht so groß als wenn das mit vielen Zähnen, dasjenige, welches wenige Zähne hat bewegen soll.

7) Wenn die Bewegung horizontal ist, so ist die Reibung ohngefehr als $\frac{1}{3}$ der Last anzunehmen. Wenn also eine Last von 30 ℔. wäre, so wäre sie zu betrachten als eine Last von 40 ℔.

8) Das vorige Gesetz gilt auch, wenn eine Kraft oberwärts oder seitwärts drückt.

9) Drehet sich eine Welle in einer Pfanne um ihre Axe, so ist die Reibung der Hälfte der Schwere gleich.

10)

10) Dieses gilt auch von den Gewichten die man an einer Welle gehängt hat.

11) Liegt die Welle in Zapfen, so verhält sich die würkliche Reibung zur Reibung der Welle ohne Zapfen, wie der Diameter der Zapfen zum Diameter der Welle. Z. E. die Welle wäre 8″ dick läge aber in Zapfen die 2″ dick wären, so wäre die würkliche Reibung 4 mal geringer.

Dieses mag genug seyn von der Größe der Friktion und von den Regeln nach welchen man sich bey Schätzung derselben zu richten hat. Wer von diesen wichtigen Sachen mehrern Unterricht verlangt, der lese die vorhin angeführten Bücher selbsten nach.

§. 87.

Gänzlich kann die Reibung nicht weggeschaffet werden, weil es nicht möglich ist, alle Unebenen von den Flächen wegzubringen. Aber man kann sie doch um ein gutes vermindern. Wie? Die allgemeine Regel würde diese seyn:

Alles was macht, daß sich Flächen durch hervorragende Theile weniger hindern, alles dieses schwächet die Friktion. Folglich werden diese besondern Regeln entstehen:

I. Man suche die Unebenheiten so viel möglich ist wegzubringen. Dieses kann nun geschehen.

1) Indem man die unebenen Theile selbst, so viel als möglich ist, wegschaft. Daher kommt die Regel: Man bearbeite und polire die Flächen so viel als möglich ist.

2) Indem man die Höhlungen oder Vertiefungen zwischen den uneben Theilen durch andere Körper ausfüllt. Daher kommt diese Regel: Man schmiere die Flächen mit gewissen Materien ein. Und zwar Holz und Holz, so auch Holz und Seiler mit Seife, Holz und Stein mit Wasser, Metall und Holz mit Unschlitt. Metall mit Metall mit Oel oder Ochsenklauenfett.

II. Man vermindere die reibende Oberfläche: Daher legt man die reibenden Wellen

in Zapfen. Je dünner diese sind, desto geringer ist die Friktion. Bey stehenden Wellen macht man die Zapfen spitzig, auch legt man die Zapfen der Wellen oft wieder auf kleine metallene Räder mit dünnen Zapfen.

III. Man suche aus einer schleifenden Bewegung eine wälzende zu machen. Dieses ist die Ursache, warum die Wagen auf Rädern gelegt werden oder große Steine auf Walzen.

IV. Man nehme zu Flächen, die sich auf einander bewegen, solche Materien, die die geringste Friktion geben. (§. 86. no. 1. 2.) Deswegen nehme man zu den Pfannen, worinn die Zapfen der Wellen laufen nicht Eisen sondern Holz oder Meßing. Imgleichen müssen die meßingenen Räder der Uhren in stählerne Getriebe greifen; u. s. w.

§. 88.

Endlich sind noch einige Regeln zu ertheilen, wornach man sich bey Erfindung oder

Beur=

Beurtheilung einer Maschine zu richten habe. (§. 52.) Man bemerke vor allen Dingen:

1) Je einfacher eine Maschine ist, um desto vortheilhafter ist sie.

2) So viel möglich ist, vermeide man Zahn und Getriebe.

3) Was man mit einem Rade oder Wellbaum verrichten kann, darzu nehme man nicht 2 oder mehrere. Denn es entstehet 1) eine größere Friktion 2) wird die Maschine kostbarer.

4) Man lege keine Maschine größer an, als es die Noth erfordert.

5) Daher braucht man, wenn man eine große Kraft haben kann, keine gewaltige Maschinen.

6) Bey Maschinen, die nicht lange dauren sollen, vermeide man allen Aufwand an kostbarer Einrichtung.

7) Wo man Wasser oder Wind bequem zur Bewegung der Maschinen gebrauchen kann, da nehme man keine andre Kraft darzu.

Will man nun selbst eine Maschine erfinden so habe man folgendes vor Augen:

1) Was ist die Absicht, die man durch diese Maschine erreichen will? Z. E. eine Last zu heben, Korn zu mahlen, Bretter zu sägen ꝛc.

2) Was hat man also für eine Bewegung hervorzubringen?

3) Durch welche einfache Maschinen kann man dieses am besten erhalten?

4) Wie groß ist die Last oder der Widerstand, der zu überwältigen ist?

5) Was hat man für Kraft darzu z. E. Thiere, Wasser, Wind, und wie groß ist sie?

6) Wie vielmal muß die Kraft verstärkt werden, damit sie den Widerstand hebe?

7) Wie muß daher das Verhältniß der einfachen Maschinen gegen einander und ihre Verbindung beschaffen seyn?

8) Was für Friktionen kommen dabey vor und wie groß ist das daher entstehende Hinderniß?

9) Wie

9) Wie groß muß die Kraft seyn auch dieses zu überwältigen?

Wer diese 9 Regeln wohl überlegt und nach seiner erlangten mechanischen Einsicht richtig beantwortet, der wird gewiß bey Angebung von Maschinen glücklich seyn; und es wäre sehr zu wünschen, daß manche Personen, die zur Erfindung von Maschinen gebraucht werden, entweder mehr Erkänntnisse sich erwürben, oder angehalten würden, mehr Aufmerksamkeit anzuwenden, damit so wohl Fürsten als andern Bauherren oft große Kosten ersparet werden mögten, wenn entweder eine verfertigte Maschine hernach gar nicht die verlangte Würkung thut, oder die Sache so kostbar gemacht wird, daß man die Maschine ungebraucht liegen lassen muß, oder wenn sie so eingerichtet ist, daß alle Augenblicke Ausbesserungen an derselben vorzunehmen sind.

Anmerkung. Wie nach den vorigen Regeln z. E. eine Dreschmaschine, Oelmühle, Bohrmühle, Schleifmühle u. s. w. angegeben oder beurtheilet werden könnten, werde ich in den Vorlesungen zeigen.

§. 89.

§. 89.

In diesen wenigen §§. ist, wie ich glaube, so viel von der Mechanik und zwar praktisch vorgetragen, daß wer sich dieselben entweder für sich oder unter Anführung eines treuen Lehrers gehörig bekannt gemacht hat, und hernach die Schriften eines Wolfens, Beyers, Böcklers, Varignons, Leupolds, Belidors u. s. w. fleißig lieset, auch selbst Handwerksleute in diesen und jenen Dingen um Rath fraget, und öfters Einrichtungen von Maschinen siehet und beurtheilet, daß ein solcher gewiß seinem gnädigsten Landesfürsten und andern Mitbürgern durch mechanische Erkenntnisse vielen Nutzen zu stiften im Stande seyn wird. Gott der Höchste aber lasse dieses Werk mit einem so grossen Seegen gekrönet seyn, als mit welcher Freude und wahrem Eifer meinen Nebenmenschen dienen zu können dieses Buch von mir aufgesetzet worden ist.

Einige Druckfehler, die sich eingeschlichen haben, sind folgendermaßen zu ändern:

S. 16. Z. 1. für des lese man: der

S. 25. Z. 2. für die Schwere des Hebels setze man: der Schwerpunkt

S. 25. Z. 12. für die Summe des 2ten und 3ten Gliedes muß es heissen: die Summe des 3ten und 4ten Gliedes

S. 36. Z. 11. für Klempner mag man Blechner setzen.

S. 37. Z. 9. für anfliegt ist zu lesen aufliegt

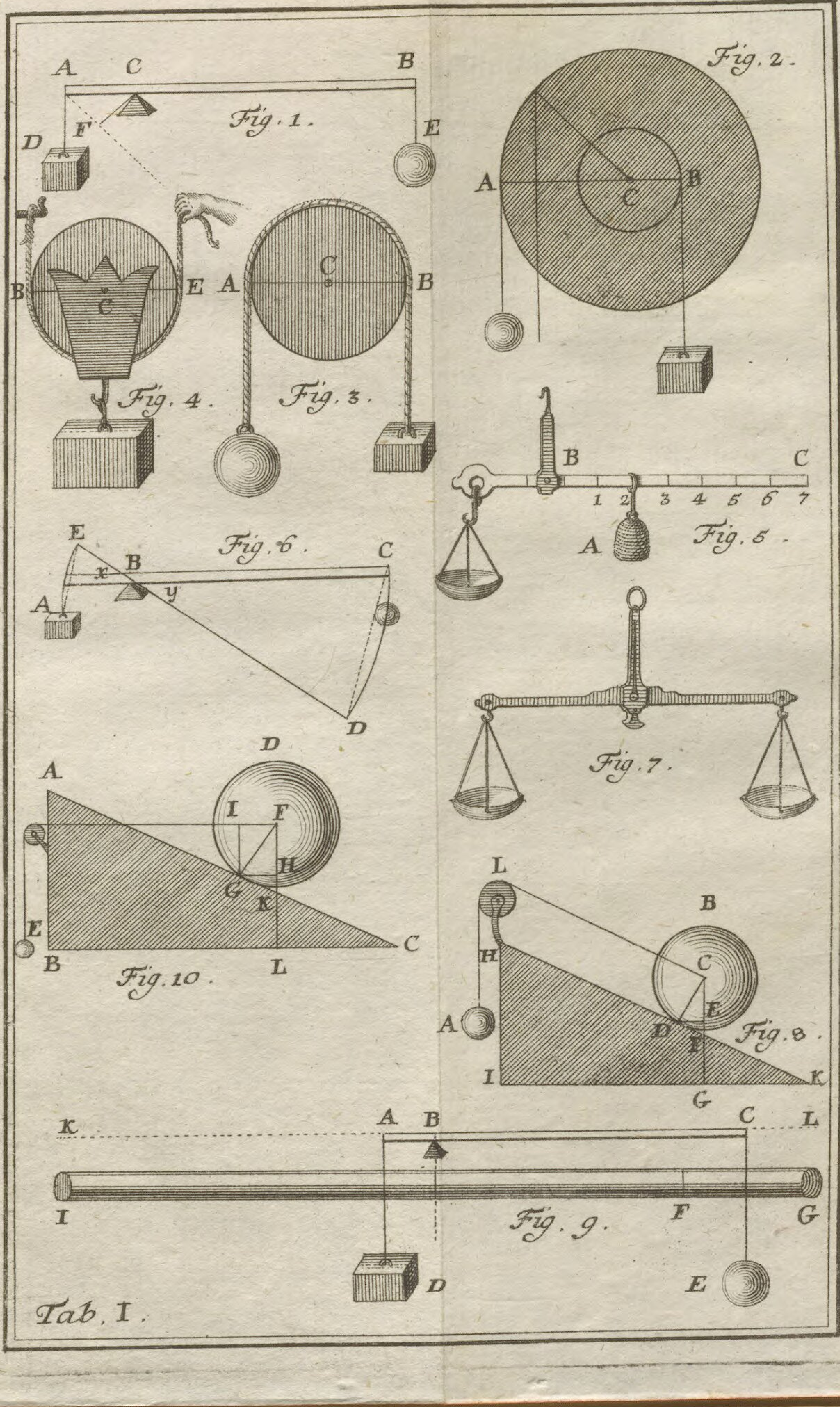
S. 44. Z. 20. steht einmal das Wort sehr zu viel.

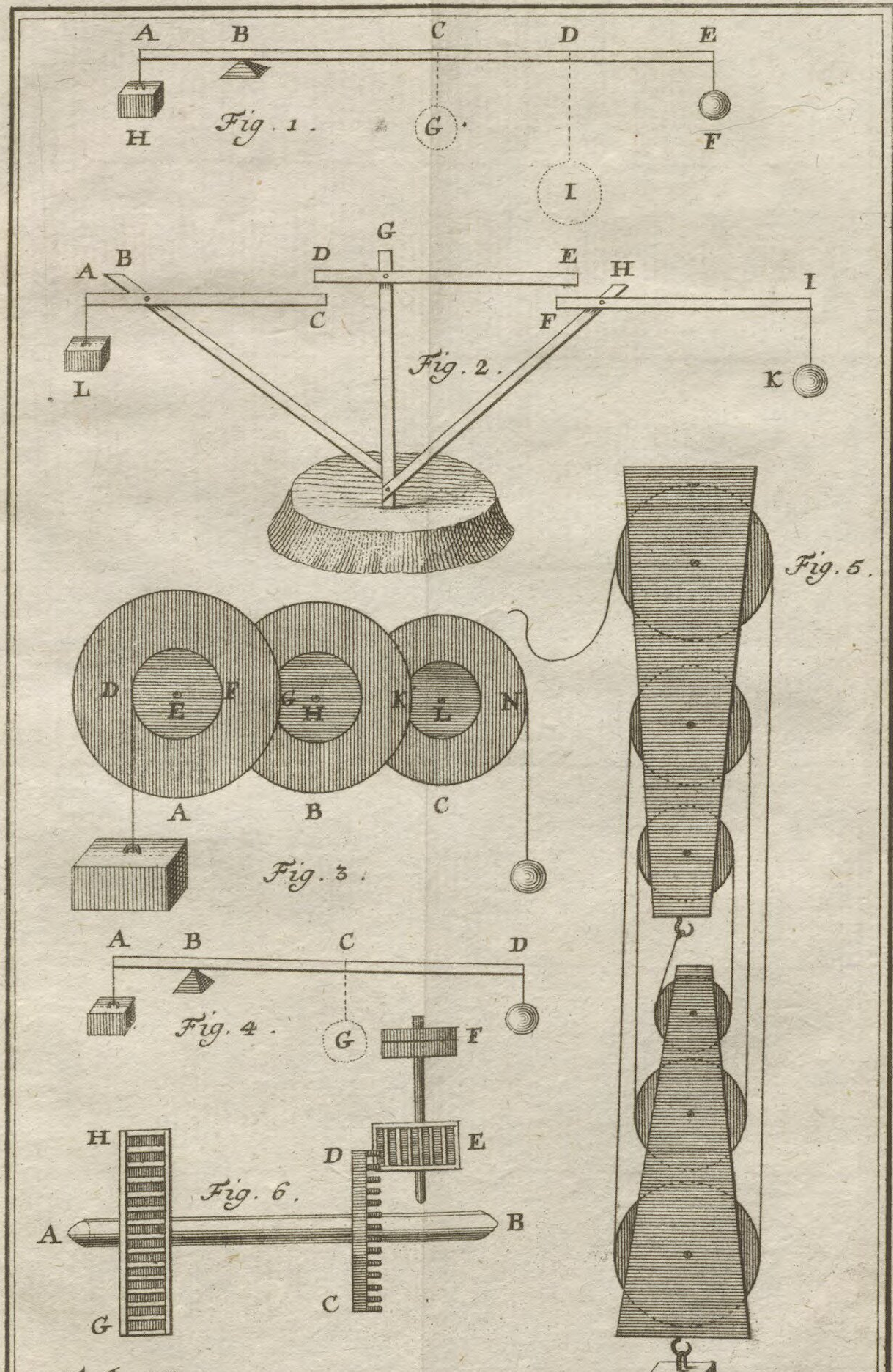
S. 60. Z. 12. kann man statt fahren besser führen lesen.

S. 129. Z. 16. tilge man durchs

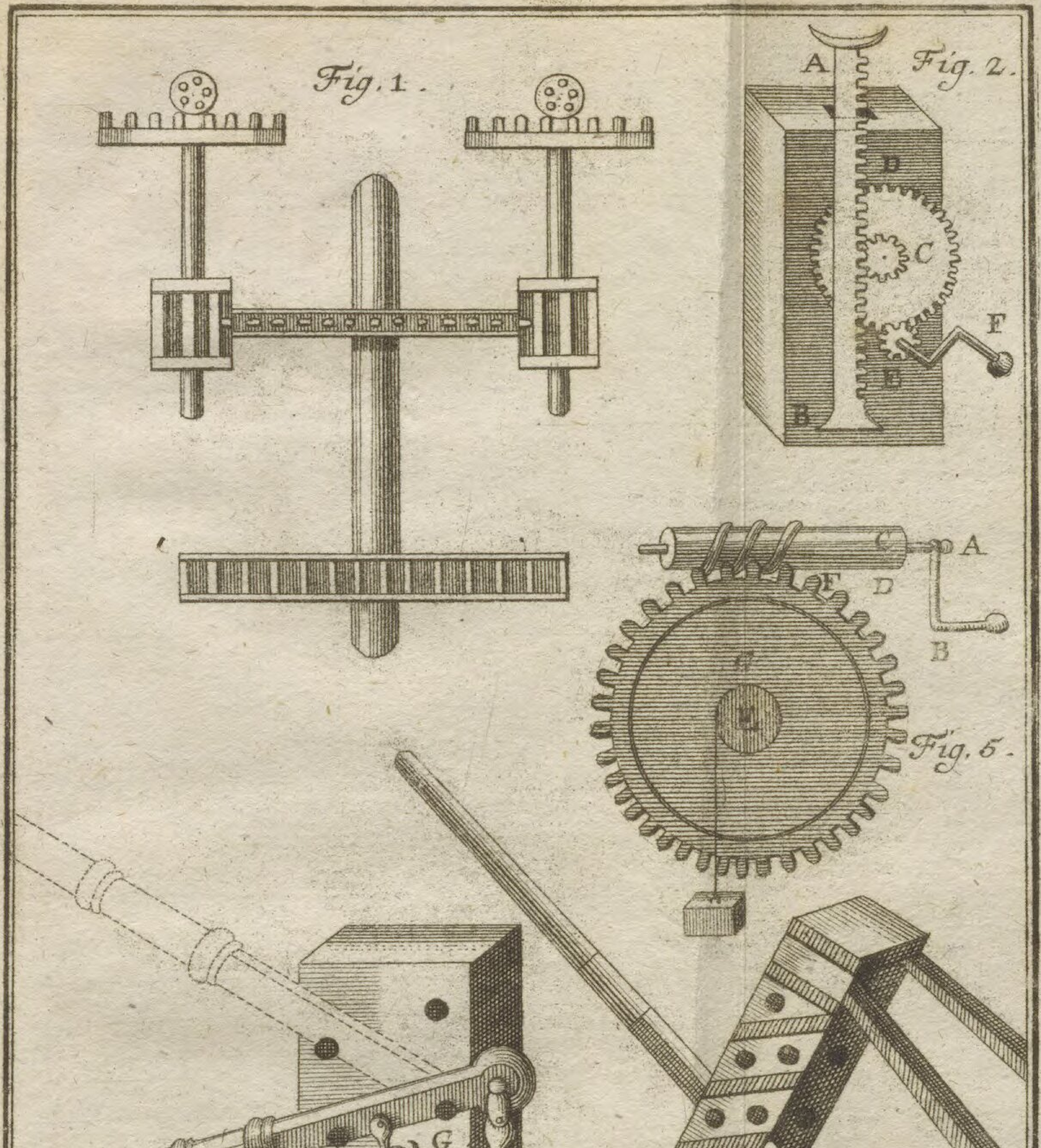
S. 137. Z. 2. muß für des; stehen: des r.

S. 140. Z. 9. lese man oberschlächtiges Rad


A C B
Fig. 1.
D F E
Fig. 2.
A C B
B C E
A C B
Fig. 4.
Fig. 3.
B C
1 2 3 4 5 6 7
A
Fig. 5.
E B C
Fig. 6.
x y
A D
Fig. 7.
D
A
I F
H
G K
E
B L C
Fig. 10.
L
B
H
C
A
E
D F
Fig. 8.
I G K
K A B C L
I F G
Fig. 9.
D E
Tab. I.


A B C D E
H G F I
Fig. 1.
G
A B D E H I
C F
L K
Fig. 2.
D E F G H K L N
A B C
Fig. 3.
A B C D
G
Fig. 4.
Fig. 5.
F
H E
D
Fig. 6.
A B
C
G

Tab. II.



Tab. III.

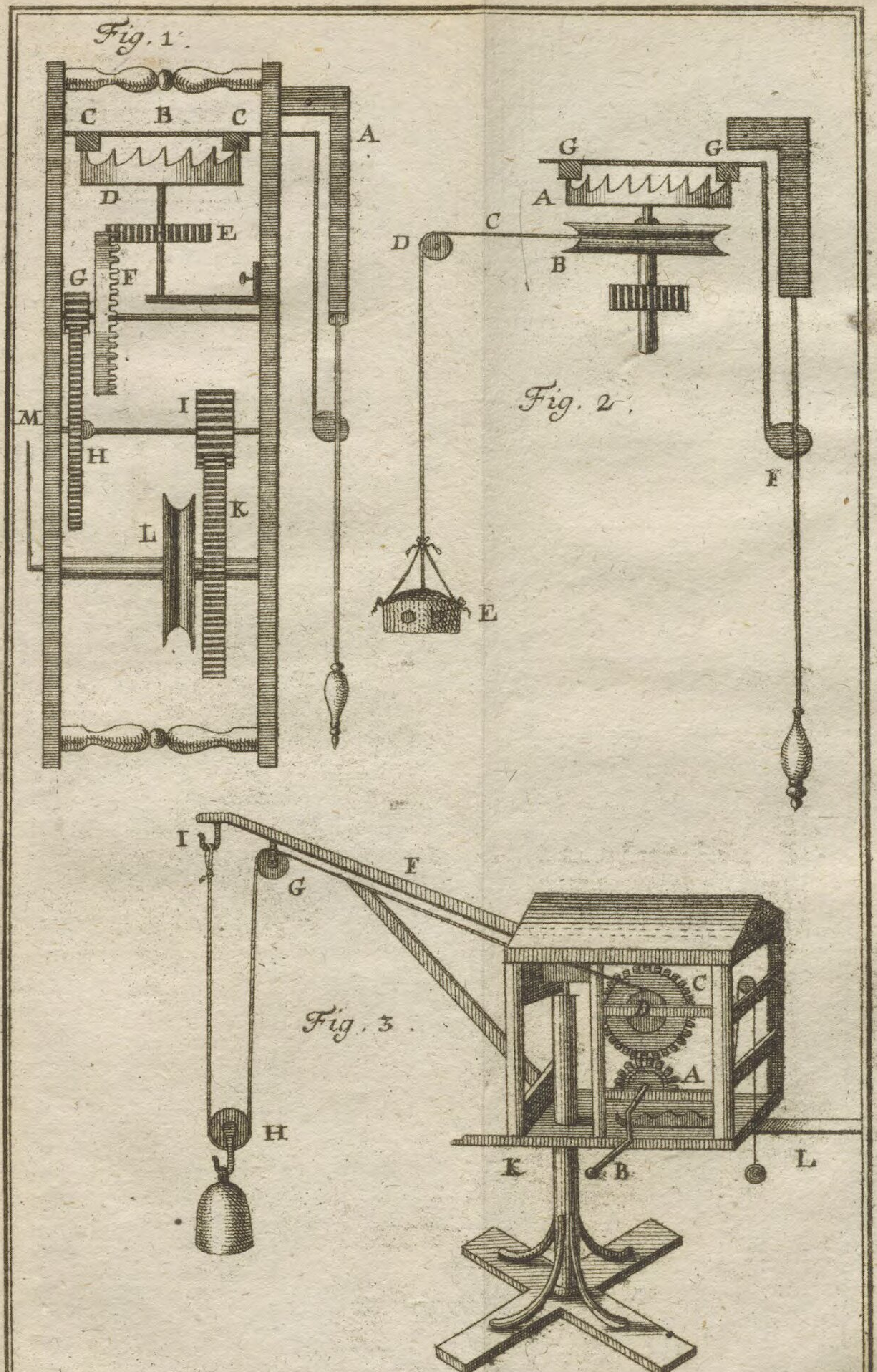


Fig. 1.
A B C C D E F G H I K L M
Fig. 2.
A B C D E F G G
Fig. 3.
A B C D F G H I K L
Tab. IV.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Böckmann, Johann Lorenz,

Erste Gründe der Mechanik

Carlsruhe 1769

Math.a. 29
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10080550-0
VD18 10278893-002